

4910
-SIA

	واظلمنبر
	فنبر
س ۳۳ ع	انابنبر

فهرسة الجزء الاول من كتاب كشف رموز الهندسة المعمارية
في تطبيق الهندسة على الفنون

٢	خطبة الكتاب
	الدرس الاول في الخط المستقيم والزوايا والخطوط العمودية والمائلة
	(ويشتمل على رسم الخطوط المستقيمة وصحتها وكذلك المستوى ونحوه
٦	مع الخط المستقيم)
١٠	بيان اقيسة الطول
١١	بيان المقياس (ويشتمل على بيان الزوايا)
١٥	امتحان صحة المسطرة الثلثية
١٦	بيان تطبيق الاجسام على بعضها
٢١	عملية تصحيح الخطوط العمودية
	الدرس الثاني في الخطوط المتوازية وارتباطها بالخطوط العمودية
٢٣	والمائلة (ويشتمل على بيان كون الخطوط المتوازية على بعد واحد)
٢٧	اجراء العملية على شكل الحديد اى السكاك ذات النضبان
	تطبيق الخطوط المتوازية على ثلاث الآلة المستعملة لغزل القطن
٢٨	(وفيه مسطرة الرسامين المستعملة في رسم المتواريات)
٣٠	بيان تطبيق العملية على حركة الدروج في بيوتها
٣٠	بيان تطبيق العملية على حركة المكاييس في الطلقات
٣١	بيان تطبيق العملية على لحمة القماش وحياكته
٣٤	بيان تطبيق العملية على رسوم الابنية المدنية والبحرية
	بيان تطبيق الخطوط المتوازية على رسم الهندسة الوصفية اى قواعد
٣٣	المساقط
٣٤	بيان تطبيق طريقة المساقط على فن الميكانيكة
	بيان اجراء العملية في رسم الخطوط المنحنية (وكذلك المثال الشهير
٣٦	المقترن في عمارة السفن)

- ٣٧ مثال فاشئ من رسم الطرق والحلجان (ويشتمل على رسم الاراضى بخطوط افقية)
- ٣٩ الدرس الثالث فى بيان الدائرة (ويشتمل على تعريفها وعلى المحيط والمركز وانصاف الاقطار والاقطار وعلى الزوايا السهم وعلى ان محاسن الدائرة عمود على نصف قطرها)
- ٤١ اجراء العملية فى رسم الخطوط
- ٤٣ اجراء العملية فى خروط جسم متحرك بواسطة آلة ثابتة
- ٤٣ اجراء العملية فى عمل الاجزاء المعدة لسن الآلات وتسليح السطوح
- ٤٤ اجراء العملية فى خروط الاجسام الثابتة
- ٤٤ اجراء العمل فى التدوير
- ٤٥ اجراء العملية فى الحركات المتوازية
- ٤٥ اجراء العملية فى تركيب الآلات
- ٤٦ اجراء العملية فى نقل حركة مستديرة من محور الى اخر
- ٤٦ بيان السيور المحيطة بالدوائر
- ٤٧ بيان حركة دائرية فى اخرى
- ٤٨ اجراء العملية فى اللعب البخارية
- ٤٨ تقسيم الدائرة وتطبيقها على قياس الزوايا
- ٤٨ بيان الطرق السهلة التى يمكن استعمالها فى تقسيم الدائرة (ويشتمل على نسبة المحيط الى نصف القطر)
- ٤٩ بيان استعمال اقواس الدائرة فى قياس الزوايا (ويشتمل على بيان الدرجات والدقائق والثواني وغيرها)
- ٥٠ اجراء العملية فى علم الجغرافيا
- ٥٣ بيان تقسيم الدائرة المستعمل فى تركيب الآلات
- ٥٤ بيان الآلات المعدة لقياس الزوايا

٥٤

الغرافومتر المكررة

٥٥

بيان الاثلاث المعدة لتقسيم الدائرة

الدرس الرابع في بيان الاشكال المنقوعة التي يمكن جعلها المحصولات
الصناعة بواسطة اثنان المستقيم والمثلث (ويشتمل على بيان اثبات
المستوى وانواع المثلثات المختلفة والمثلث المساوي الساقين وعلى تساوي
تساوي المثلثات)

٥٧

٦٢

بيان الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة

٦٣

بيان اجراء العمليات (ويشتمل على المعين والمستطيل والمربع)
بيان تماثل الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة (ويشتمل على مجموع زوايا
المثلث وعلى الاشكال المربعة والمخمس والمسدسة)

٦٦

٦٧

بيان ما يتعلق بالدايرة والاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة (ويشتمل
على الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة)

٧٠

تطبيق الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة على الاحتكاكات المنتظمة
تطبيق الاشكال المنتظمة على التبايطراتاوين الاخشاب والازار
والترويق (ويشتمل على الاشكال ذات الاضلاع المنتظمة التي يمكن بها
تغطية المسافة على وجه المضبط ويتضمن ايضا التطبيق على البناء)
بيان الاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة زوايا ودائرة (ويشتمل على
التطبيق على الملاعب المدرجات والقباب المقبوضرة والقباب الحادة
والقباب المصنوعة على صورة اذن انقشة)

٧٣

٧٤

بيان رسم تفصيل العمارات

الدرس الخامس في بيان الاشكال المتساوية والمتماثلة والمتساوية
(ويشتمل على تساوي الاشكال)

٧٧

٧٩

بيان طبع الرسم اي النقل بالنعم

٧٩

بيان نقل الرسم

بيان

٧٩	بيان غائل الاشكال
٨٠	بيان تمصيل الاشكال المتساوية او المتماثلة بالنحت والطبع والتفراغ
٨٠	اي الطبع بالجبر وغير ذلك
٨٢	بيان تمصيل الاشكال المتساوية بالطبع
٨٥	بيان قاعدة المربعات
٨٧	بيان الاشكال المتناسبة
٨٨	بيان التقسيمات الصغيرة للمقاييس المهمة
٨٩	بيان تصحيح رسم ارنيك آلة او محصول صناعة
٩٢	بيان الخاصية الاصلية للناسب الهندسي
٩٥	بيان المثلثات المتشابهة
٩٧	بيان مكار التناسب
٩٩	بيان الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة المتشابهة
١٠٧	الدرس السادس في بيان اخذ سطح الاشكال المستوية المنتهية بخطوط مستقيمة او مستديرة
١٠٧	بيان استحالة توزيع الدائرة
١٠٩	بيان ممانعة سطح الاشكال المتشابهة لبعضها
١١٠	بيان اجراء العملية
١١٠	بيان اجراء العملية في صناعة الصبى
١١٣	بيان اجراء العملية في قطع الاوتاد
١١٣	بيان عملية خراط الاجسام
١١٣	بيان استعمال الآلة التي ابتدعها برامة في شأن قطع السطوح المستوية
١٢٠	الدرس السابع في بيان المجسمات المنتهية بالمستويات
١٢١	بيان اجراء العملية

١٢٢	بيان اجراء العملية في علم النظر
١٢٢	بيان اجراء العملية في علم المباني
١٢٣	بيان اجراء العملية في الميكانيكة
١٢٤	بيان اجراء عدة عمليات مختلفة
١٢٤	بيان المناشير البلورية
١٣٢	بيان مساحة الاجسام المنتهية باوجه مستوية
١٣٤	بيان تكعيب شكل الاهرام
	بيان تكعيب الجسم المنتهى من جميع جهاته باوجه مستوية على
١٣٦	حسب المطلوب
١٣٨	اجراء العملية في تكعيب قاريز السفن
١٣٩	بيان المجسمات المتشابهة
١٤٢	الدرس الثامن في بيان الاسطوانات
١٤٤	الطريقة الاولى في صناعة الاسطوانة بواسطة الاضلاع
١٤٤	بيان اجراء العملية في صناعة صواري السفن
	الطريقة الثانية في صناعة الاسطوانة بواسطة المنحنيات المتساوية
١٤٥	المتوازية
١٤٥	بيان صناعة اخشاب الرماح وقضبان الطمار
١٤٥	اجراء العملية في التكعيبات والتشبيكات وغيرها
١٤٨	بيان صناعة الاسطوانات بالمد والسحب
١٤٩	بيان صناعة الاسطوانات بالسبك والصب في القالب
١٤٩	بيان صناعة الاسطوانات بالنقب
١٤٩	بيان صناعة الاسطوانات بالنشر
١٤٩	بيان صناعة الاسطوانة عند المعمار جية
١٥٠	بيان مساحة سطح الاسطوانات

١٥٢	بيان مساحة حجم الاسطوانات
١٥٣	اجراء عملية خواص الاسطوانة في تحديد الظلال
١٥٤	اجراء عملية خواص الاسطوانة في الهندسة الوصفية
١٥٥	بيان استعمال الاسطوانة في الزراعة
١٥٥	بيان استعمال الاسطوانة في ترقيق القطر
١٥٥	بيان الاسطوانات المركبة اعنى آلات الخنج
١٥٦	بيان استعمال الاسطوانات في عمل الورق
١٥٦	بيان استعمال الاسطوانات في صناعة الطبع
١٥٦	بيان طبع البتغرافية اى الطبع على الحجر
١٥٧	بيان الطبع بالنقش
	بيان استعمال الاسطوانات المزدوجة في صناعة الحديد وجعله
١٥٧	قضايا
١٥٧	بيان استعمال الاسطوانات في ندف القطن
١٥٨	بيان استعمال الاسطوانات في غزل القطن والتيل ونحو ذلك
١٥٨	بيان تخطيط الاسطوانات
١٦٠	الدرس التاسع في بيان السطوح المخروطة
١٦٦	بيان استعمال آلة التصوير
١٦٨	بيان الاوضة المنظمة
١٦٩	بيان الصورة الخيالية
١٦٩	بيان الخيال الظلي
١٧٠	بيان قاعدة علم المنظر
١٧٣	بيان اجراء علم المنظر في فن العمارة
١٧٥	بيان اجراء عملية علم المنظر في التصوير
١٧٦	بيان اجراء علم المنظر في رسم الآلات ومحصولات الصناعة

مقدمة

- ١٧٧ بيان اجراء عملية علم المنظر في زخرفة محل الالعب
- ١٧٧ بيان اجراء عملية المساقط الخروطية في علم الجغرافيا
- الدرس العاشر في بيان السطوح المنتشرة والسطوح المعوجة
- ١٧٨ اى مضاعفة الانحناء وغير ذلك
- ١٨٠ بيان اجراء العملية
- ١٨٠ بيان اجراء العملية في صناعة البسط والجوخ
- ١٨١ بيان تفسير الاختاب المنحنية
- ١٨٢ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في قطع الاجمار
- ١٨٤ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في غطاء القباب والقنوات
- ١٨٤ بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في تبطين السفن
- ١٨٨ بيان الانحدارات والارائك المنتشرة
- ١٨٨ بيان اجراء العملية في تفصيل اقنعة المبوسات
- ١٩١ بيان السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء
- ١٩٢ بيان اجراء العملية في عبارة السفن
- ١٩٢ بيان عمل الاختاب المنحنية
- ١٩٦ الدرس الحادي عشر في بيان سطوح الدوران
- ١٩٨ بيان سطوح الدوران المتولدة من حركة خط مستقيم
- ١٩٩ بيان المقراض
- ١٩٩ بيان محلات الغزل
- ١٩٩ بيان الكرة
- ٢٠١ بيان الطرق المستعملة في رسم الكرة
- ٢٠٤ بيان مساحة حجم الكرة وقطوعها
- ٢٠٦ بيان اجراء العملية
- ٢٠٧ بيان اجراء العملية في علم الجغرافيا والهيئة

مصفى

بيان صحة سطح الارض الى مربعات كروية لتيسر بها تخطيط
الاماكن

٢٠٨

٢١٠

بيان اجراء العملية في انجاء الطرق في علم الملاحة

٢١٢

بيان الكرة السماوية

٢٢١

الدرس الثاني عشر في بيان السطوح الخازنية

٢٢٣

بيان شكل البريمة الخازنية

٢٢٥

بيان اجراء العملية

٢٢٦

بيان اجراء العمليات

٢٢٨

بيان الاعددة للثقة

٢٢٨

بيان الامساق المتوى

٢٣٠

بيان غزل النيل والكثبان

٢٣١

بيان غزل السوف والقطن

٢٣٥

بيان السطوح الخازنية المستعملة في السلام

٢٣٥

بيان السطوح الخازنية لبريمة المهندس ارشيدوس

٢٣٨

الدرس الثالث عشر في بيان تقاطع السطوح

٢٤١

بيان مسقطي الخط المستقيم

٢٤٣

بيان مسقطي كثير الاضلاع

٢٤٦

بيان تقاطع الخطوط المستقيمة والمستويات مع السطوح المنحنية

٢٤٧

بيان كيفية رسم مسقطي الاسطوانة

٢٤٧

بيان تقاطع الاسطوانة مع المستوى

٢٤٨

بيان اجراء العملية في انشاء السفن

٢٤٨

بيان اجراء عملية تقاطع الاسطوانة مع التلال

٢٥٠

بيان اجراء العملية في علم المنظر

٢٥٠

بيان تقاطع المخروط والمستوى

٢٥١	بيان القطع الناقص
٢٥٢	بيان اجراء العملية في علم الضوء
٢٥٣	بيان اجراء العملية في علم السمع اى انعكاس الصوت
٢٥٤	بيان القطع المكافئ
٢٥٥	بيان اجراء العملية في المنارات
٢٥٦	بيان القطع الزائد
٢٥٧	بيان تقاطع الشكل المخروطى بالسطوح المنحنية
٢٥٨	بيان اجراء العملية في معرفة علم النور
٢٥٩	بيان البانوراما اى المنظر العام
٢٥٩	بيان المראה المسحورة
٢٦٠	بيان المساطر المرسومة صورتها في داخل القبيب والقنبوات
٢٦٠	بيان الظلال المخروطية
	الدرس الرابع عشر في بيان الخطوط والمستويات المماسية للمنحنيات
٢٦١	والسطوح
٢٦٤	بيان المستويات المماسية للسطوح
٢٦٦	بيان المستوى المماس للاسطوانة
٢٦٦	بيان رسم المستويات بالاسطوانات المماسية
٢٦٧	بيان رسم الاسطوانة بالمستويات المماسية
٢٦٧	بيان المستويات المماسية للمخروط
٢٦٨	بيان اجراء العملية
٢٦٨	بيان المستويات المماسية للسطوح المنتشرة
٢٦٨	بيان الاسطوانات المماسية لبعضها على حسب اى ضلع كان
٢٦٩	بيان المخاريط والاسطوانات المماسية لبعضها في اى ضلع كان
٢٧٠	بيان الاسطوانات المماسية والمكثفة بسطوح آخر

صيفه

٢٧٠

بيان الاسطوانات التي تكشف بالكرة

٢٧٠

بيان اجراء عملية ذلك

٢٧٠

بيان معيار الاكر

٢٧١

بيان اجراء العملية في الظلال

٢٧٢

بيان اجراء العملية في فن الصبابة

٢٧٣

بيان الكسوف

٢٨١

بيان اجراء عملية الصقل والجلي وغير ذلك

٢٨٢

الدرس الخامس عشر في بيان انحناء الخطوط والسطوح

٢٨٣

بيان اجراء العملية في انحناء الارض

٢٩١

بيان انحناء الكرة

بيان الخطأ والصواب من الجزء الأول من كتاب كنف وموز السر المصون
في تطبيق الهندسة على الفنون

خطأ	صواب	صفحة	سطر
خواصا	خواص	٦	٢٣
المقاس	المقبس	١١	٥
(شكل ٢٧)	(شكل ٢)	١١	٢٥
وجبل	اوجبل	١٦	١٩
د	د	٢٠	
ث	و ث	٢٤	١
لأن	الآن	٢٨	٢١
مستقيم	مستقيم	٣٠	١٢
وقل اختلاف	واقل اختلاف	٣١	٨
م ا ب بدن	م ا ب ث دن	٣٦	٧
د	د	٤١	٢
د	د	٤١	٤
د	د	٤١	٦
د	د	٤٢	٣
قطعة ح	قطعة ح	٤٢	٢٣
٥٥٧٦	٥١٧٦	٥٠	١٢
موضوعين	موضوعا	٧٥	٢٢
كنكرا	كنكرا	٨١	٥
الى بدن	الى رث	٨١	٢٢
ام	ام	٨٧	١٥
كان م	كان د	٨٨	١٦
بينهما التناسب	بينهما التناسب	٩٠	٢١

خطا	صواب	صفحة	سطر
مثلث ابث	مثلث ا ب ث	٩٢	١٦
هـ ب ث	هـ ب ث	٩٦	٢٦
س ض ا ب	س ض ا ب	١٠٢	١
ص د	ص د	١٠٢	١٨
ل م ن ف	ل م ن و	١٠٣	١٨
(شكل ٢٨)	(شكل ٨)	١٠٦	٥
ن ح خ	ن ح خ م	١١٧	٩
ن و	ث و	١١٨	٢٩
ج د	خ د	١٢٠	٢
ح د	خ د	١٢٠	٦
القطاع الخشب	قطاع الخشب	١٢٨	٥
وس	وش	١٣٥	٢٢
بنا ذلك	بنا ذلك	١٣٦	٨
المجسمين	المجسمتان	١٤٠	١٠
ف	ا	١٤١	١٣
م ن ح خ	م ن ح خ	١٤٣	٨
ث	ث	١٤٥	٨
وتصغر	وتصغر	١٤٨	٢٤
ح خ د ص	ح خ د ص	١٥٤	٢٣
(شكل ١٧)	(شكل ١٨)	١٥٨	٢
(شكل ١٥)	(شكل ١٩)	١٥٨	١١
المسمى اوالياف	المسمى بالشبكة		
العين المشبكة	اوالياف العين		
بالشبكة	المشبكة	١٦٨	٣

خطا	صواب	صفحة	سطر
ان الخيط	ان الخيط	١٩٢	١١
٢٥٥	٢٥٥	١٩٦	١٣
(شكل ٩)	(شكل ٦)	٢٠١	٤
٣٠٠	٣٠٠	٢٢٥	٦
وان الحار بور	وان الحار بور	٢٢٨	٢
د ف	د ق	٢٤٣	٥
المتطرفة	المتطرفة	٢٤٧	١٠
دائرة ابث	دائرة ابث	٢٦١	٢٤

نا

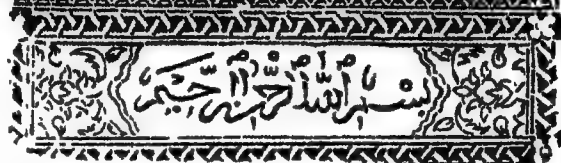
الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر

المصون * في تطبيق الهندسة

على القنون * تعريبيه

عيسى افندي

زهران



الحمد لله الذي امتد علمه بسائر الاشياء كل الامتداد * وتنزه عن ان تحصره
 اقطار وجهات وابعاد * احكم ما صنع * ووضعه على امتن اساس * واتقن
 ما ابتدع * لا على مثال ولا قياس * وغدت الافكار تبهم في دوائر ملكوته
 فلم تدر له غاية * ولم تقف له عند حدود لانهاية * والصلاة والسلام على من
 براهين فصاحته قاطعه * ودلائل بلاغته قامعه * من كرم محيط المآثر
 والمفاخر * منبع علوم الاوائل والاواخر * سيدنا محمد الذي خلق على احسن
 الاشكال * الجوهر الفرد الذي حل بالايات البينات كل اشكال *
 وعلى آله واصحابه الذين اقاموا عماد الدين * على سطح مستو على الاستقامة
 متين * ثم الدعا ملخصة فخر امر آء الزمان * وصدر اهل التمدن والعمران *

مجدّد ببيان العلوم والفنون بعصرنا * بعد ان درست آثارها بمصرنا *
 رب الخاثر التي شهد بفضلها التماس والعام * ولما ثرائها تجموعاً على الثريا
 وتفاخر الغمام * خلد الله حكومته اليهبة * وبلغه كل القصد والامنية *
 ولا زال باقياً بعده المنشور * الى يوم البعث والنشور * وبعد فيقول . ترجو
 هذا الكتاب لما كانت مدرسة الالسنه * حائرة من ككل فن احسنه *
 وكما من انتظم في سلك تلامذتها شمرنا عن ساعد الجدد والاجتهاد * وبذلنا كل
 الجهد في تحصيل المراد * وعثرنا على ذلك قيمة فاطر تلك المدرسة التي سلكت
 بحسن ادارته * وفرط عنايته * منهج التقدم والنجاح * وسارت سير البدر
 في غسق الدجاء الى ظهور الصباح * حيث افرغ وسعه في التعليم * وسلك
 طريق التفهم والتفهيم * كيف لا وقد بعث يرف مرتبتي العقول والمنقول *
 وحاز فضيلتي الفروع والاصول * حضرة رفاة افندي * حفظه المعيد
 المبدي * فبعد ان تحققت الآمال * وجوزيت الاعمال * وكما من زمرة
 رجل قلم الترياق * الذي يابى الله الا ان ينشر علمه وعلمه * ترجمنا من الفرنسية
 الى العربية بأمر من تغتت بمدحه الورق على الايك * مديريون عموم
 المدارس ادهم بيك * الشاكر بالحماس العلية والعملية * المستوى على
 المعارف الكلية والجزئية * في العلوم الرياضية وغير الرياضية * كتابي تطبيق
 الهندسة والميكانيكة على الحرف والصناعات والفنون المستظرفة تحت رئاسة
 رب الذكاء الرائق * والقلم القاتق * من فائق الاقران * في حومة الميدان *
 وبرع في الفنون الهندسية * ومهر في العلوم الرياضية * حضرة محمديوي
 افندي * وبتهجيجه لما يخص الهندسة مع ملاحظة واطلاع حضرة الافندي
 ناظر المدرسة والقلم المذكور المشار اليه فناء عيسوي زهران افندي ترجم الجزء
 الاول والسيد صالح افندي الجزء الثاني ومحمد افندي الحلواني الجزء الثالث ولما
 تمياً التمام * ولبس طراز الختام * وسماه بكشف رموز السر المصون * في تطبيق
 الهندسة على الفنون * فحياه محمد الله مرتب المعاني * مهذب المباني * يشهد
 لا يام ولي التمجيد بانها غررت في وجوه الايام * شهادة صدق لا يعترها نقض

ولا ابرام * وبالجملة فصاحب السعادة لا تكرر همة * ولا تبارى في تقويم
اود الملائكة رغبته * فهو جدير بما قاله فيه * الا قدى مترجم الجزء الثاني المشار
اليه * نظير الاسمه من بعض ما يجب لدولته عليه * مع تلقيبه بقلب
دائرة الوجود * رب الاحسان والجلود

قد طاق بي طيف الحيان السارى * ودنا الوصال وفزت بالازهار
طنقت بي الاحشاء من فرط الجوى * تنقاد نحو طوالع انوار
بشرى لقلب قاز منها بالناس * وسعت اليه بجيشها الجرار
دعنى عندولى لا تلحق فى الهوى * واترك ملاهى فى الغرام ودار
أتيت من شرع الهوى برسالة * فى العذل تعذل صبوقى ونارى
يكفيك ما قد حل بي من هجرة * فسراى فى حب الملاح عمارى
رام السلوة لمن احب عواذلى * والقلب لا يتقن فى تذكار
تاهت عقول ذوى الهوى فى حسنه * وسقام فى الحب كاس عقار
ان لم يجدنى بالوصال فافنى * باق على عهدى بلا انكار
لا اتقى للغير عند صدوده * كلا ولا اصبول ذات سوار
والله ما اسلو هواه وان سلا * وصبا دلا لامنه تلا غيار
جار العذول وانى جار على * حاكم المحبة بعد بعد الجار
والدمع سال ومهجى تلفت على * من حسنه يجلودى الامصار
دل السقام على الغرام ولوعتى * من بعد ما قد اخفيت اسرارى
رم برى الاحشا بسيف لحاظه * كالدورى بسيفه البتار
يت المسكارم قطب دائرة العلا * عين الوجود ومركز الاخيار
ان سل فى الهجاء عضبا صارما * باء العدا بمذلة وصغار
لله در اميرنا من فارس * فى الحرب يبرى خصمه ييوار
انجنت به مصر عروس زمانها * ومن القنار دثرت بدثار
حوت الكمال وفاق الامصار اذ * يعزى بها افتخرت على الاقطار
سر الورى من فى الوغى قطع العدا * ولحكم برى من فارس جبار

افديه من بطل اعاد لمصرنا * شمس المعارف في علو نهار
 نشرت تواريح الافاضل فضله * فيذكره بعباب كل غبار
 وله من الاشبال غجل ناجب * يخشاه كل غضنفر كرار
 الهازم الاعداء ابراهيم من * فتحت له ابواب كل حصار
 لم لا يفوق الكل وهو اخو العلا * نور الزمان وصفوة الابرار
 جلت مناقبه عن الاحصاء * سارت مفاهيمه بكل ديار
 واختص بالنصر الذي بهر العدا * فخصه عن كل عار
 دانت وقاب محاسنه لامره * وروى علامه شواهد الآثار
 مازال في الاقبال طول حياته * وعدوه مازال في ادبار
 حاز الفشار طريقه وتليده * وسواه في كسب الفخار طاري
 سلا القلوب مهابة فكأنه * عند التحام الحرب ليث ضاري
 دلت ما نره على عزمانه * أنى سواه يكون للاخطار
 عباسهم بالجوديسم والندا * نغر الامجد كامل المقدار
 ليث اذا عظم التزال غضنفر * انحت دماء عداه كالانهار
 يفتقر الدهر عن احسانه * ومديحه يجلو قذى الابصار
 بعيدهم سعد الزمان واهله * والبر فائز وعم كل بحار
 اما حسين فانه يجني من الاستعليم روضا يانع الازهار
 شرف الزمان به ومن عبد الخليم غدا رفيعا طيب الاخبار
 اكريمهم من قتيه حازوا العلا * ايسوغ اقطع عنهم اشعارى
 وهذا اوان التعريب * يعون القريب المحيب

الجزء الاول

(تطبيق الهندسة والميكانيكة على الحرف والصناعات والفنون المستخرجة)

(الدرس الاول)

في الخط المستقيم والزوايا والخطوط العمودية والمائلة

علم الهندسة يبحث فيه عن قياس الامتداد وقوة ونسب

والامتداد هو الابعاد الثلاثة التي هي الطول والعرض والعمق

وتكون هذه الابعاد الثلاثة في جميع الاجسام التي تحتوى على الطبيعة

وفي سائر الاجسام التي تعمل بواسطة الصناعة وهي موجودة كذلك في كل

مسافة فارغة او مشغولة بجسم ما

سطح الجسم يتركب من جميع النقط التي تفصل هذا الفراغ المشغول بهذا

الجسم عما يلي من الفراغ المذكور

وبناء على ذلك يكون بالضرورة للسطح المذكور طول وعرض ودون عمق حيث

ان النقط الداخلة في حجم الجسم ليست جزأ من سطحه

ويطلق الخط على النقط المتتابعة القاصلة بلزئ سطح جسم ما ومنه الخط

الهندسي وهو ما اشتمل على الطول دون العمق والعرض ويحتوى الفراغ الذي

يشغله جسم ما في وقت معلوم على جميع ابعاد هذا الجسم ويمكن تصور ذلك

تصوراتنا ما عند قولته في قالب ونزعه منه

وبذلك يتصور الانسان المسافة المشغولة بهذا الجسم بمجرد النظر الى ذلك

القالب مثلا اذ ابرأ بنا علبة فارغة محتوية على جزء من الفراغ فتستل عرف

ان صورة هذا الجزء القرائي هي في الحقيقة الصورة الداخلية للعلبة

فعلى ذلك تكون الخواص الهندسية المنسوبة لابعاد الجسم منسوبة ايضا

لابعاد هذا الفراغ المشغول بهذا الجسم ومثل ذلك خواص سطوح

الاجسام تكون خواص الجزء القرائي المشغول بهذا السطح في وقت معلوم

فلذلك كان المهندس المشتغل بالهندسة العلية لا يعتبر حجم من الاجسام

بخصوصه ولا سطح من السطوح بخصوصه ليتوصل الى معرفة النسب

الموجودة

الموجودة في ابعاد هذا الجسم وسطحه وانما يتصور في الفراغ جزء الجسم
وسطحه لان هذين الشكليين يكفيان في الدلالة عليه ولوان في مثل هذا بعض
صعوبة الا انه يبرن العقل ويقوى الفكر وينشأ عنه فوائد عظيمة لمعرفة
الهندسة العملية والعملية وبناء عليه ينبغي ان تعود التلامذة على ذلك شيئاً
فشيئاً وان يبين لهم الاختلاف اللازم الموجود بين الاجسام على اعتبار
المهندس العلي والمهندس العملي ولا مانع من ان تتصور في الهندسة اجساماً
متداخلة في بعضها بحيث انها تشغل كلها وبعضها جزءاً من الفراغ في آن واحد
وذلك غير ممكن في الهندسة العملية وبالجمله فلا يمكن ان الاجزاء للمادية لجسمين
تشغل معاً مسافة واحدة ولوظهر وقوع ذلك لهم منه ان اجزاء احد
الجسمين المادية تدخل في فراغ الاخر مثال ذلك ادخال الماء في السفينة
وسياًق لنا كون هذه المخطوطات لازمة لهم حركة الاكالات وتثاقبها

فاذا فرض ان الجسم يقص شيئاً فشيئاً من ابعاده الثلاثة التي هي الطول
والعرض والعمق فانه يقرب شيئاً فشيئاً من النهاية الوهمية وهي النقطة
الهندسية التي باعتبارها يقول كل بعد من هذه الابعاد الى صفر

وفي الفنون يطلق اسم النقطة غالباً على اجزاء السطح والجسم اللذين ليس لهما
سوى الابعاد الصغيرة جداً ككتة الكتابة وقط الخطوط النقطية في الرسوم
الهندسية وغيرها بالخبر وبالعلم الرصاص وقط الحكاكة او في غرزة الخياط
وهلم جرا

والنقطة ايضا تصور من نهاية الاشياء المحددة كالمنقاش حيث ان هذه النهاية
لا يمكن لها محسوس ومن الضروري تعود التلامذة على معرفة اعتبارات
النقطة بطرق متنوعة في الهندسة المحضة وتطبيقاتها

ولاجل سهولة علم الهندسة نتكلم اولاً على الخطوط ثم على السطوح ثم على
الاجسام التي تسمى بحجوما بالنظر للفراغ الذي تشغله وصلبة اذا كان لها
اشكال يمكنها البقاء عليها بنفسها اعني ان لا تكون مقروقة في ظروف اوبين
حواف ساجرة مثل النيذ في القزاز والماء في مجرى الانهار والبرك والبحار

وغير ذلك

ويقرب في علم الهندسة ان جميع الاجسام صلبة اى بحسبة اوان اشكالها
منضبطة التغير داخل تحت قاعدة واحدة عند ممارسة المهندس لها
واسهل سائر الخطوط واكثرها استعمالا في القنون هو الخط المستقيم وهو
الذى يقطعه الانسان في اقرب زمن عند اتباعه اتجاهها واحدا لانه اقصر بعد
بين نقطتين

وكما انه لا يوجد بين نقطتين طريقان مستقيمان كل واحد منهما اقرب بعد من
احدى النقطتين المذكورتين الى الاخرى لا يمكن كذلك رسم خطين مستقيمين
بين نقطتين معاومتين فحينئذ لو فرض ان خطين مستقيمين اتصلا بهاتين
النقطتين لاتحدا معا وصارا خطا واحدا فاذا فرض ان هذين الخطين المستقيمين
رسما على جسمين وانطبقا قطعتان من الخط الاول على نقطتين من الخط الثانى
فانه عند انطباق هذين الخطين على بعضهما يتحدان معا ويصيران خطا واحدا
وتستعمل خاصة هذا الخط المستقيم في الصناعة على حالتين

اولاهما لاجل الوقوف على صحة خط من رسوم بواسطة خط اخر معلوم
الاستقامة يكتفى انطباق الثانى على الاول في نقطتين وينظر هل يطابقه في جميع
نقطته ام لا فاذا لم يطابقه يكون الخط المعلوم غير مستقيم وعلى ذلك يلزم تصحيحه
ثانيهما لاجل رسم الخطوط المستقيمة نستعمل لرسمها اجساما لها ضلع
او عدة اضلاع مستقيمة كالمساطر والقلايات

ولذلك نضع المسطرة او القلابة على السطح الذى ينطبق فيه الخط المستقيم
المصنوع بالمسطرة او القلابة انطباقا كاملا في جميع قطعه لانه لا يمكن بدون ذلك
رسم خط مستقيم على اى سطح كان ثم ترسم بقلم رصاص او منقاش او اى آلة
سواء كان طرفها محددا او قاطعا خطا ليس بالمسطرة او القلابة فيه هذا يصير الخط
المرسوم مستقيما

وهذا هو سبب كون قطاع القزاز يقطع على هيئة خط مستقيم بمسطرته وقلمه
المنتهى بقطعة من اللباس الواح القزاز المربعة التى يريد وضعها

وينبغي للإنسان إذا اراد رسم خطين نقطتين مفروضتين أن يضع المسطرة بالتساوي على هاتين النقطتين بحيث تكون قريبة بحسب ما يقتضيه سمك القلم الرصاص أو المنقاش الذي يرسم به ثم يجعل المسطرة ثابتة مدة الرسم بحيث يكون القلم الرصاص أو المنقاش مماساً دائماً للمسطرة

وعند ابتداء التلامذة في رسم الأشكال الهندسية يلزمهم الاتباع والزم أن يرسموا خطاً مستقيماً مع غاية التدقيق ويكون ذلك بواسطة القلم الرصاص لأنه يحدث عندهم وقت الرسم بالحبر صعوبة أكثر من الطريقة الأولى حيث أنهم يجعلون الخطوط التي يرسمونها عرضاً غيراً فإذا كان هذا العرض كبيراً نتج منه اتلاف الرسم وبالجمله فيلزم تمرين هؤلاء التلامذة على ح كونهم لا يعطون الخطوط التي يرسمونها إلا بمكان ضروري لتكون مشاهدة

ولتشرح الآن عرض الخطوط الجارية في القنون وتبدأ أولاً بالتكلم على الخط المستقيم كما يد أنا بالكلام على النقطة فقول

قد عرف المهندسون أن هذا الخط له طول مقطعون عرض وعمق وفي الواقع أن كل الخطوط المستعملة في القنون لها عرض ومن جعلتها الخطوط التي يرسمها لمهندسون

ويطلق اسم الخط في الصناعة غالباً على تجويفات أو نقوش ضيقة قليلة العمق وكثيرة الطول بحيث تقرب من الخط الذي يتصوره المهندسون كخطوط الاستحكامات الخفيفة التي يحيط المحاصرون أو المحاصرون محلاً

والخط عند أرباب الكتابة والطباعة القردة أوية يطلق على السطر فهو تسلسل كلمات متجمعة وموضوعة كلها على استقامة واحدة ومحاكية ساوي ارتفاع الحروف وهو صغير جداً بالنسبة لطول هذا الخط

وهو عند الحباله حبل قليل السمك بالنسبة لطوله فيلزم جعل هذا الخط أو الحبل من جهة آلات الهندسة العملية المستعملة في القنون ويكون الحبل المشدود الطرفين صورة مستقيم بقطع النظر عن ثقله مثلاً إذا ك أن الحبل المشدود من طرفيه موضوعاً على السطح الذي يراد عليه رسم خط مستقيم

فانه يلون بشئ ابيض او احمر او غير ذلك ثم يشد ويرخي فبارتخاته يرسم على السطح الخط المستقيم المطلوب

ولننبه الطالب ايضا على خواص الخط المستقيم كما نبهناه على خواص النقطة بان يميز الخطوط الوهمية الهندسية والخطوط العملية ويميز في احوال كثيرة ان تقدمات الفنون تقرب شئاً فشيئاً في عمليات الصناعة من ذلك التصور الهندسى الذى يفتقى للتلامذة معرفة طبيعته وخواصه ولكن يلزم ان يعطى لهم قبل الوصول الى ذلك صورة السطح الذى يرسم بخط مستقيم وهو السطح المستوى المسمى ايضا المستوى فقط فنقول

اذا وضع في جهة ما خط مستقيم على سطح مستو وكانت تقطعا الخط المستقيم متحدتين مع المستوى بجميع تقطع هذا الخط تكون متعددة ايضا مع السطح ويستعمل المستوى في الفنون لصناعة الخط المستقيم وكذلك يستعمل الخط المستقيم لصناعة المستوى وسيظهر لك ذلك تفصيلا عند ذكر السطوح خصوصا (راجع الدرس السادس)

واغلب الرسوم الضرورية للفنون والحرف يرسم على مستو مجهز قبل ذلك وقد يستعمل في الرسوم الصغيرة ورق او عاج وفي الرسوم الجسيمة يجهزون لها غالباً لوحة منسقة كما ان مهندسى السفن يمدون لوحا كبيرا على قدر طول اسفل المركب وهو المسمى بالارنيك واما البحارون وقطاع الخشب فانهم يصنعون رسمهم على سطح حائط مستو واما المهندسون فانهم يرسمون اشكال القناطر على سطوح افقية من الجص ولا يتحققون صحة الرسم الا اذا كان السطح المستوى صحيح الاستواء بحيث ان الخط المستقيم الموضوع عليه يتقدمه في جميع قطعه

(بيان اقيسة الطول)

قد يستعمل الخط المستقيم الذى هو اقصر بعد من نقطة الى نقطة ثانية لقياس المسافة القصيرة المخصرة بين نقطتين ويستعمل هذا الخط ايضا لقياس الابعاد الاعتيادية للاجسام وبهذه

الطريقة يقيسون ابعاد كتلة خشب او بيت اوسفينة او غير ذلك
ولاجل مقابلة هذه الاقيسة المتنوعة يعرضها يلزم ان نأخذ منها واحدا ونجعلها
احاد قياس لها ونظركيف يتكرر هذا الاحاد في الشيء المراد قياسه فاذا كان
يتكرر فيه ١ او ٢ او ٣ او ٤ او ٥ مع العضة فلا صعوبة في العملية وليس
كذلك فيما اذا بقي من الخط المماس جزء يكون اقل من الطول المأخوذ احادا
فحينئذ يؤخذ هذا الاحاد ويقسم الى اجز آمتساوية مثل ١٠ و ١٠٠
و ١٠٠٠ ثم تبحث عما يحتوى عليه الخط المستقيم المعد للقياس من
العشرات والمئين والالوف من احاد القياس

* (بيان القياس) *

المقياس خط مستقيم مثل أ ب شكل (١) موضوع عليه عدة
احاد القياس وتقسيمات هذه الاحاد وقد تفيدنا الهندسة العملية طريقة
استعمال هذه المقاييس ورسمها بغاية الضبط وهي من العمليات المهمة
في اشغال الصناعة التي ينتج منها التجاح لضبط القياس (راجع الدرس
الخامس)

ومن الضروري لارباب الفنون ان يكونوا محترسين على خط مستقيم منقسم
على حسب القياس المقبول عند كافة الناس كالاقيسة القديمة مثل القدم
والهنداسة والجديدة كالتر المتجزء على مسطرة

وقد تشتري الصنایعية غالبا آلات ومقاييس غير مضبوطة التقسيم وقرينة
الخلل بين بعض مراعاة للوفر الذي في غير محله فن المستحسن للصنایعية
ان يشتروا داما المقاييس والآلات العظيمة المضبوطة من كل جنس لان
القوائد التي تعود على اشغالهم من حسن الآلات تعوض عليهم المصروف
الذي بذلوه في ثمنها وستكلم في كثير من المواضع على حقيقة ذلك

ويجب علينا بعد اعتبار الخط المستقيم منفردا ان نعتبر عدة خطوط مستقيمة
بالتنظر لادعائها فنقول

اذا فرضنا ان مستقيم أ ب س (شكل ٢٧) يدور حول نقطة أ

الثابتة ويأخذ على التوالي اوضاع ا ث اد اه الخ ففي هذه
الحركة يبعد الخط المذموم ورث يافتيا من وضعه الاصلي وهو اب س
ويسمون بالزاوية اقراج ب ا ث او ب اد او ب اه من خط
الى آخر نقطة ا التي يمتد منها خطا اب و ا ث تسمى راس
الزاوية وخطا اب و ا ث هما ضلعا الزاوية ويسمون في بعض
الاوليات الزاوية الرافعة بين ضلعي اب و ا ث زاوية ا فقط
وفي الغالب يقولون بزاوية ب ا ث بشرط ان يكون حرف ا
الذي هو راس الزاوية بين حرفي ب و ث الموجودين في ضلعيها
وحين يدور خط ا ث (شكل ٢) حول راس ا يصل الى وضع ام
المقابل لخط اب فذا استمر على الدوران فانه يقرب من اب من
الجهة المنعكسة الى ان يعود ثانيا على اب بهدأزيد ودورة كاملة
ومن المعلوم ان مستقيم اس دار في وضع ام نصف دورتين اب
وبالجمله اذا اتى الجزء الاعلى من شكل ب ا م ه على جرته الاسفل
فان الاول ينطبق على الثاني انطباقا كامليا
وفي الحركات العسكرية بعد اصطاف العساكر اعنى وضعها على خط مستقيم
وتوجهها الى جهة فيحتاج في العالب اتجاهاها الى الجهة المقابلة للاولى فحين
يصدر النداء بعمل نصف دورة الى الجهة اليمنى ففي وقتها يدور كل واحد من
العساكر على احد كعبه المشار اليه بحرف ا (شكل ٣) ولكيلا
يحصل خلل في هذه الحركة يضع العسكري القدام الاخر المبرع عنه بحرف
ب خلف الاول (شكل ٤) ويدور - يبتدئ على كعبه دورة كاملة
ويكمل كل واحد من هذين القدامين نصف دورة (شكل ٥) ويصير
القدام الذي كعبه ان جهة الخلف الى جهة الامام ويصير على الصف الاول
(شكل ٦) فذا دار العسكرى ثانيا نصف دورة فانه يجد نفسه في اتجاهاه

الاصلي وتكمل دورته حيثئذ

واذا اعتبرنا الزاويتين الحاصلتين من مستقيمي $\overline{ا ب}$ و $\overline{د ا ب}$ كما في (شكل ٧) وجدنا احدهما وهي $\overline{ب ا ث}$ صغيرة والثانية وهي $\overline{د ا ث}$ كبيرة ومجموعهما يساوي نصف دورة من دوران خط $\overline{ا ث}$ من ابتدا $\overline{ا ب}$ الى $\overline{ا د}$ واذن تكون زاوية $\overline{ب ا ث}$ هي التي تنقص من زاوية $\overline{د ا ث}$ لتكون نصف دورة كاملة وكذلك زاوية $\overline{د ا ث}$ هي الناقصة من زاوية $\overline{ب ا ث}$ لتحدث نصف دورة كاملة فلذا يقال ان زاوية $\overline{ب ا ث}$ هي المتمة لزاوية $\overline{د ا ث}$ وكذلك زاوية $\overline{د ا ث}$ هي المتمة لزاوية $\overline{ب ا ث}$

واذا فرضنا ان زاوية $\overline{ب ا ث}$ تزيد لكون خط $\overline{ا ث}$ يبعد عن خط $\overline{ا ب}$ فان زاوية $\overline{د ا ث}$ المتمة تنقص ويأتي وقت تزداد فيه زاوية $\overline{ب ا ث}$ وتنقص فيه زاوية $\overline{د ا ث}$ الكبيرة حتى يصير الزاويتان متساويتين (شكل ٨) وكل من هاتين الزاويتين المتساويتين تسمى زاوية قائمة فاذن تكون الزاوية القائمة نصف دورة من الدوران الكامل اعني ربع دورة ثم ان زاوية $\overline{ب ا ث}$ القائمة او $\overline{د ا ث}$ (شكل ٨) او ربع الدورة هي الزاوية التي يحتاج الى احداثها او قياسها في جميع الاوقات لاجراء بطله عظيمة من اشغال الفنون

ويستعملون غالبا في المركبات العسكرية ربع الدورة الذي يسمى ربع قلبة ومتى لزم انقلاب البلول المصطف على اتجاه $\overline{ا ب}$ (شكل ٨) من هذا الوضع الى وضع $\overline{ا ث}$ العمودي فانه يدور ويقلب حول نقطة $\overline{ا}$ ويحدث دورة واقلها باثما حتى يرجع الى وضعه الاول اذا دار دائما الى جهة واحدة

ولا يحدث الأربع دورة لكي يصل الى الوضع الاول العمودي ويحددون جهة
هذه الحركة بان يأمر وبالادور ان الى الجهة اليمنى او اليسرى

واذا فرضنا حيثن خطين آخرين مستقيمين كخطي م و ن و ول
(شكل ٩) و (١٠) اللذين وجدلهم اوضع ول حيث ان زاويتي
ن و ول و م و ول متساويتان اقول ان هاتين الزاويتين يصيران
متساويتين للزاويتين الاوليين وهما ب ا و ث ا (شكل ٨)
الثان اطلق عليهما فاجاب اسم الزاويتين القائمتين

وليبيان ذلك نضع مستقيما د ا ب (شكل ٨) على خط م و ن
(شكل ٩) بحيث يحددان في جميع قطعهما كاتحادا لخطين المستقيمين
وتقع قطعة ا على قطعة و فحيث ينبغي ان ضلع ا يقع بالجهة
والضبط على ضلع ول واذا قدرنا لخط ا (شكل ٩) وضعا
آخر وكان واقعا على يسار ول فمن المعلوم ان زاويتي ث ا ب

و ث ا د لكونهما متساويتين لا يمكن ان تكون زاوية م و ول الزائدة
بزاوية ث و ول عن الاولى وزاوية ن و ول الناقصة عن الثانية
بنفس زاوية ث و ول متساويتين بخلاف ما اذا وقع خط ا (شكل ١٠)
على يمين ول فان زاويتي ب ا و د ا حيث انهما
متساويتان فلا يمكن ان تكون زاوية م و ول التي هي اصغر من زاوية
د ا مساوية لزاوية م و ول التي هي اكبر من زاوية ب ا
فبنا على ذلك لا يمكن وقوع خط ا على يمين ول ولا على يساره

بل يقع بالتدقيق عليه كلية فالزوايا القائمة المتألفة من جهة من مستقيمي

$\overline{ا ب د}$ و $\overline{ا ب د}$ ومن جهة اخرى من مستقيمي $\overline{و ل}$ و $\overline{م ن}$

المتغيرين تكون كلهما متساوية دائما

وهذه هي القاعدة الاولى التي ينبى عليها استعمال المسطرة الثلثية وهذه

المسطرة مركبة من مسطرتين قائمتين مثل $\overline{ا ب}$ و $\overline{ا ت}$ (شكل ١١)

الثابتين في نقطة $\overline{ا}$ بحيث يتركب منهما زاوية قائمة فاذا اردنا ان نرسم من

نقطة $\overline{و}$ (شكل ١٢) خط $\overline{و ل}$ بان يجعل بينه وبين خط $\overline{م و ن}$

زاويتين قائمتين فنضع ضلع $\overline{ا ت}$ من المسطرة على طول خط $\overline{و ن}$ بشرط

ان نقطة $\overline{ا}$ تقرب بقدر الامكان من نقطة $\overline{و}$ ثم نرسم مستقيم $\overline{و ل}$

بالطرق الاعتيادية فيكون هو الخط المطلوب

فاذا استعمل ارباب الصنائع مسطرة غير كاملة الضبط فان جميع عملياتهم

تكون عرضة للخلل فبناء على ذلك يجب عليهم غاية الاهتمام بضبط المسطرة

الثلثية التي يستعملونها في اشغالهم وبالجمله فلا شيء اسهل من ذلك

*) (امتحان صحة المسطرة الثلثية) *

لاجل ضبط مسطرة $\overline{ا ب ا ت}$ (شكل ١١) نبتدئ بان نرسم مع

الضبط مستقيم $\overline{م و ن}$ (شكل ١٣) على سطح مستو ثم نضع ضلع

$\overline{ا ت}$ باقرب ما يكون على طول $\overline{و ن}$ ونرسم خط $\overline{و ل}$ على طول

$\overline{ا ب}$ وبعد ذلك نقلب المسطرة المذكورة ونضعها على $\overline{ب ا ت}$ مع

وضعنا $\overline{ا ت}$ على طول $\overline{و م}$ وننظر ما يكون اتجاه الضلع الثاني وهو $\overline{ا ب}$

اولا اذا وقع على خط $\overline{و ل}$ المرسوم كانت المسطرة مضبوطة ثانيا اذا

لم يقع الضلع الثاني على $\overline{و ل}$ كانت غير مضبوطة وتكون الزاوية

الناجئة عنها صغيرة جدا ثالثا اذا تجاوز الضلع الثاني خط ول فهي غير مضبوطة ايضا وتكون الزاوية الحادثة منها كبيرة وسرى الطرق التي يمكن ارباب الصنائع استعمالها لضبط المسطرة التي ليست مضبوطة

ثم ان تجارى الترسانة يسعون بالمسطرة المتحركة آلة صورتها س ص ر (شكل ١٤) يسمل بها اخذ قياس جميع الروايا ونقلها وهذه الآلة مركبة من مسطرتين يدوران على مدار واحد لا يخرجان عنه بحيث يمكن بواسطتها تكوين جميع الزوايا كبيرة او صغيرة

وقديهم في الضمام هاتين المسطرتين لكيلا تدور احدهما على الاخرى من غير ان يحصل لهما بعض احكال وان يحفظ موضعهما الاصلى متى امكن فتح الزاوية التي يصنعانها ونقلها مع السهولة ويرى على مقتضى ما ذكرناه يسمل

تقل زاوية تاكزاوية ب ا ث (شكل ١٤) من ابتدا نقطة و (شكل ١٥) بان يؤخذ ضلع ول من زاوية ل و ن الجديدة التي يلزم ان تساوى زاوية ب ا ث

وتحور المسطرة المتحركة بحيث ان ضلعي س ص و ص ر يتبعان استقامتي ا ب و ا ج (شكل ١٤) ثم تنقل تلك المسطرة على (شكل ١٥) بشرط ان لا يحصل تغير للزاوية المصنوعة ونضع س ص على ول فيثبت ادارهما بقلم وصا من او منقاش وحبل خطا مستقيما مثل خط وم على امتداد ضلع ص ر تصير زاوية م و ل مساوية لزاوية ب ا ث

* (بيان تطبيق الاجسام على بعضها) *

ويجب التنبيه على الطريقة التي نستعملها هنا لتركيب الزوايا ولتحقيق
تساويها بان نضع المسطرة المثلثية على الاشكال ونضع الاشكال على بعضها
ونستعمل هذه الطريقة في عدة من عمليات الصناعة وبجلاء من البراهين
الهندسية فنقول انهم وضع شكل على آخر وانطبقا انطبقا كلياً في جميع
ابعادهما كما متحدى الصورة والقدر ويكونان متساويين بالكلية ويحدث
منهما شكل مساو لشكل آخر على هذا الوجه فلذا يضع الخياطون ونحوهم
الارائيك على الاقنعة التي يريدون تفصيلها مع غاية الصحة بحسب محيط هذه
الارائيك التي على هيئة الاشكال اللازم تصورها ووضعها

ومتى حدث من خط $ا\theta$ (شكل ١٦) وخط $د\alpha$ زاويتان
قائمتان كزاويتي $ب\alpha$ و $ث\alpha$ كان خط $ا\theta$ عموداً على
خط $د\alpha$ فبناء على ذلك نزل عمود $ا\theta$ على مستقيم $د\alpha$
بوضع ضلع $ص\alpha$ من المسطرة المثلثية التي هي $س\alpha$ على
استقامة $اب$ ونرسم مستقيم $ا\theta$ على استقامة ضلع $س\alpha$
ونشرح طرفاً لسم الخطوط العمودية فنقول

اننا اذا اتينا شكل ١٧ الى اثنتين بشرط ان يكون مستقيم $اب$
هو فاصل الثني اى احد المشتركين الاثنتين فحيث ان زاويتي $ا\theta$
و $ا\theta$ متساويتان فضع مستقيم $ب\theta$ على $ب\alpha$ فاذا نطبق
زاوية $ش\theta$ على زاوية $د\theta$ مع الضبط فتكون هاتان
الزاويتان الاخيرتان متساويتين كالأوليتين وحيث ان تقاطع
خطان مستقيمان وكان من جهة الزوايا المتألفة من تقاطعهما زاوية قائمة فان
الثلاثة الاخر تكون قائمة كذلك وبناء على ذلك يكون كل من جزئي
 $اب$ و $ب\theta$ الذي هو احد الخطوط المستقيمة عموداً على الآخر

ومن المقيدان نبرهن انه لا يمكن ان تنزل من نقطة $\overline{ب}$ (شكل ١٨) الا
بعمود $\overline{ب أ}$ على مستقيم $\overline{د ا ث}$ المقروض
ولا يثبت ذلك قرض انه يمكن مد عمودي $\overline{ب أ}$ و $\overline{ب د}$ من نقطة
 $\overline{ب}$ على نفس هذا المستقيم الذي هو $\overline{د ا ث}$ وغد $\overline{ب ا}$ بشرط ان
يكون خط $\overline{ا ر}$ مساويا لخط $\overline{ا ب}$ ثم نصل مستقيم $\overline{د ر}$
ونثنى جزء $\overline{د ا ث}$ - جميعه على $\overline{د ا ث}$ بحيث ان زاويتي
 $\overline{ا ث}$ و $\overline{ب ا ث}$ متساويتان فيكون خط $\overline{ا ر}$ موضوعا على $\overline{ا ب}$
ونقطة $\overline{ر}$ على نقطة $\overline{ب}$ ويكون خط $\overline{د ر}$ موضوعا على $\overline{د ب}$
واذن زاوية $\overline{ا د ر}$ تكون مساوية لزاوية $\overline{ا د ب}$ القائمة فيكون
خط $\overline{د ر}$ على ذلك جزءا من عمود $\overline{د ب}$ فينتج من هذا انه يمكن رسم
خطين مستقيمين مثل $\overline{ا ب}$ و $\overline{د ب}$ بين نقطتي $\overline{ا}$
و $\overline{ب}$ وهذا مستحيل

وبجميع هذه المقدمات المذكورة في شأن الزوايا القائمة فنسلكم الان على الزوايا
المائلة فنقول

اذا تركب من مستقيمي $\overline{ش د}$ و $\overline{ش ب}$ (شكل ١٩) زاويتان
متبايتان تكون احدهما اصغر من قائمة $\overline{ا ث ه}$ والاخرى اكبر منها
فالصغرى تسمى زاوية حادة وتسمى الكبرى زاوية منفرجة
فمن المعلوم ان هاتين الزاويتين يشغلان المسافة التي حول نقطة $\overline{ش}$ جهة
ضلع $\overline{ا ب}$ كما ان قائمتي $\overline{ا ث ه}$ و $\overline{د ث ه}$ يشغلانها فيكون حينئذ
بمجموع حادة $\overline{ب ش د}$ ومنفرجة $\overline{ا ش د}$ مساويا لزاويتي قائمتين
وذلك انما يتجه بالسهولة ان حادة $\overline{ب ش د}$ تساوى زاوية قائمة ناقص

دشه وان منفرحة اشد تساوي زاوية قائمة زائد دشه
فاذن يكون مجموعهما مساويا زاويتين قائمتين

وان فرض الآن اننا مد خط دث الى ثف وتقابل زاويتي
اثف و بشف بالزاويتين الاوليين

فينتج لنا اولا ان زاويتي اشد و بشد الناتجتين من خط

شد و خط اب المستقيم يساويان زاويتين قائمتين وبناء على ذلك تكون

زاوية بشد مساوية لزاويتين قائمتين ناقص اشد ثانيا ان

زاوية اشد و زاوية اثف الحادثتين من خط اث

الواقع على خط اثف يساويان زاويتين قائمتين فتكون زاوية

اثف مساوية لزاويتين قائمتين ناقص اشد وينتج من ذلك

ايضا ان كلا من زاويتي بشد و اثف تكون مساوية

لزاويتين قائمتين ناقص اشد ونثبت بمثل ذلك مساواة زاويتي اشد

و بشف المتقابلتين في الرأس كالزاويتين الاوليين

وحينئذ اذا تقاطع خطان مستقيمان فانه يحدث منهما اربع زوايا فيكون

اولا مجموع الزاويتين المتجاورتين مساويا لزاويتين قائمتين ثانيا الزوايا

المتقابلة في الرأس متساوية

ويمكن الالتمس المقابلة بين الاعمدة والخطوط المائلة فنقول

اننا اذا وصلنا من نقطة ما كنقطة د (شكل ٢٠) خطا مستقيما مثل

ده الى مستقيم اب وكانت زاويتا اده و دهث غير قائمتين

فيكون خط ده ليس عمودا على خط اب بل يكون مائلا عليه وزيادة

على ذلك اذا وصلنا خط دث عمودا على خط اب فان الزاوية الاخيرة

من زوايق $\overline{اه}$ و $\overline{ب ه}$ المتابلة نخط $\overline{د ث}$ تكون حادة
والاخرى متفرجة

فالان اذا طولنا خط $\overline{د ث}$ الى نقطة $\overline{ز}$ بشرط ان يكون خط $\overline{ش د}$
ساويا لخط $\overline{ب ز}$ ورسمنا ايضا خط $\overline{ه د}$ المستقيم ثم تينا الجزء الاسفل
من الشكل بتدويره كلوب على $\overline{اب}$ نخط $\overline{ب ث}$ يقع على $\overline{ش د}$
ونقطة $\overline{ز}$ تقع على نقطة $\overline{د}$ وحيث ان زوايق $\overline{ب ش د}$ و $\overline{ب ث ز}$
متساويتان فاذن $\overline{ه د}$ يساوى $\overline{ه د}$ وزيادة على ذلك يكون خط $\overline{ه د}$
المنكسر اطول من خط $\overline{د ث}$ المستقيم المرسوم بين طرفي $\overline{د}$ و $\overline{ه}$
حيث يثبتيكون نصف $\overline{ه د}$ الذى هو مائل $\overline{د ه}$ اطول من نصف
 $\overline{د ث}$ وهو عود $\overline{د ث}$

فهذه هي الخاصية العامة لمستقيم $\overline{د ث}$ (شكل ٢٠) العمودى
على مستقيم آخر مستقيم $\overline{اب}$ وهو انه يكون اقصر من كل خط مائل
مرسوم من نقطة $\overline{د}$ وهي نهاية العمود الواقع على هذا المستقيم الذى
هو $\overline{اب}$ ولما كان خطا $\overline{د ث}$ و $\overline{د ه}$ يقيسان الابعاد التى بين
نقطة $\overline{د}$ ومستقيم $\overline{اب}$ نشأ عن ذلك انه لاجل الانتقال من نقطة
الى خط مستقيم يكون اقصر بعد هو العمود النازل من هذه النقطة على
ذلك المستقيم

وهذه هي اسدى الخواص الشهيرة النافعة لتطبيق اصول الهندسة على
الفنون

وكثيرا ما يحتاج الانسان الى البحث عن استخراج المسافات الصغيرة والسطوح
القليلة الامتداد والحجوم الصغيرة بشروط معلومة لكن قل ان يسهل عليك
استخراجها وحيث ان مسائل هذا الترتيب يفتنى عليها اختصار عمليات

الصناعة وجب علينا ان نشتغل بها كثيرا ونبذل كل الجهد في اظهار سرها
فتقول

لفرض الآن (شكل ٢١) اننا نرسم الخط $\overline{د ب}$ عمودا على $\overline{ا ب}$
فينتج من ذلك ان $\overline{ب ا}$ يساوي $\overline{ب ث}$ فتقول ان الحطين المائلين
النسازين من نقطة $\overline{د}$ الى نقطة $\overline{ا}$ ومن نقطة $\overline{د}$ الى نقطة $\overline{ث}$
يكونان متساويين وذلك انا اذا نينا جزء $\overline{ب د ث}$ على جزء $\overline{ب د ا}$
واعتبرنا عمود $\overline{ب د}$ لولبا في حيث ان زاويتي $\overline{ا ب د}$ و $\overline{ث ب د}$
القائمتين متساويتان فان خط $\overline{ب ث}$ يقع على خط $\overline{ب ا}$ وتقع
نقطة $\overline{ث}$ على نقطة $\overline{ا}$ فاذن يكون خط $\overline{د ث}$ مساويا لخط $\overline{د ا}$
وبناء على ذلك كل خطين مائلين على بعد واحد من العمود يكونان
متساويين

*** (علمية تصحيح الخطوط العمودية) ***

كان الرسامون والجيارون وقطاعو الخشب وصناعو الارانيك وغيرهم
يستعملون هذه الخاصية بكثرة متى ارادوا امتحان عمودية خط على آخر هل هي
صححة او لا يدون استعمال المسطرة المثلثية فكانوا يقيسون مع الضبط طولي

$\overline{ب ا}$ و $\overline{ب ث}$ المتساويين بالا ابتداء من خط $\overline{ب د}$ الذي
يريدون تحقيق وضعه ثم يقيسون ايضا بمسطرة او باي آلة بعد تقطعي $\overline{ا و د}$
وهو طول خط $\overline{ا د}$ المائل ويضعون هذا الطول على خط $\overline{د ث}$
بالانتقال من نقطة $\overline{د}$ فان انطبق بالكلية على نقطة $\overline{ث}$ فان خطي
 $\overline{ا د}$ و $\overline{د ث}$ المائلين يكونان متساويين ويكون $\overline{ب د}$ عمودا على
خط $\overline{ا ب}$

ومتى اريد تحقيق وضع عمودية خط $\overline{ب د}$ على خط $\overline{ا ب}$ فانه لا ينبغي

ان تجعل خط د ا المائل قريبا كثيرا من ذلك العمود لانه لو قرب كثيرا من نقطة ب لكان الخط المحسوس في وضع هذا العمود لا ينشأ عنه خلل الا شيء يسير في طول خط د س المائل وبصير العمل عرضة للخلل وكذلك يتولد الخط من وضع الخطوط المائلة بعيدة كثيرا عن العمود وخير الاوضاع ما يقرب من الاوضاع التي تكون فيها خطوط

ا ب و ب ث و ب د متساوية

فبمثل هذه الاختراعات التي يعمل بها هذا الغرض في كل حالة بخصوصها يمكن ارباب الصنائع ان يعطوا الرسوم وعماراتهم وآلاتهم درجة الضبط اللازمة للصناعة الكاملة

ولا يكفي البرهنة على ان الخطوط المائلة اطول من الخطوط العمودية وانما يلزم البرهنة الجيدة على ان الخطوط المائلة تكون كثيرة الطول كلما بعدت عن الخط العمودي

وبيان ذلك ان نقول (شكل ٢٢) انه اذا كان خط ود عمودا على خط وب كان اقصر من خطي د ث و د ب المائلين هو اقصرهما من العمود لانه اذا رسمنا خط ث ك عمودا على د ث نتج بهذا السبب ان د ث اقصر من د ك ومن باب اولي اقصر من د ب

وستقف على حقيقة هذه الخاصية في ميكانيكة العمليات الجمة فاذا فرضنا قرب جسم ب (شكل ٢٣) من ا ب العمودي على ب م وفرضنا كذلك ارتباط هذا الجسم بجسمي ب ا و ب ث ثم جذبنا الاول من نقطة ا والثاني من نقطة ث لاجل تنقيص المسافتين الحاصلتين بين هاتين النقطتين والجسم فيلزم ان الجسم يتقدم شيئا فشيئا بشرط ان يتناقصا عنه عدة خطوط مثل ا ب ثم ا ب و ث ب ثم ث ب الخ الاخذة

في الميل شيئاً فشيئاً وهي التي تصير بهذا السبب قصيرة جداً وبالعكس إذا أردنا
 إبعاد جسم $\overline{ب}$ عن $\overline{أ}$ فالتستعمل قضباناً غير ليئة من الحديد
 أو الخشب لتحركه إلى السير من تقطعي $\overline{ث}$ و $\overline{أ}$ وتضع هذه القضبان
 وضعا يزيد في الميل شيئاً فشيئاً وكذلك تجعل لها طولاً كبيراً ما بين تقطعي $\overline{ب}$
 و $\overline{أ}$ وبين $\overline{ب}$ و $\overline{ث}$

(الدرس الثاني)

في الخطوط المتوازية وارتباطها بالخطوط العمودية والمائلة
 يكون الخطان المستقيمان متوازيين إذا لم يتلاقيا عند امتدادهما من الجهتين
 مهما أمكن

فعلى ذلك يمكن أن نرسم من نقطة $\overline{آ}$ (شكل ١ وشكل ٢) مستقيماً مثل
 $\overline{أ ب}$ الذي إذا امتد من طرفيه لا يلاقى خطاً آخر مستقيماً كخط $\overline{ث د}$
 حينئذ يكون موازياً له وبالجمله لا يمكن أن نغذ من نقطة $\overline{آ}$ الا خطاً واحداً
 موازياً لخط آخر

ولاجل إيجاد خط $\overline{أ ب}$ يلزم أن نرسم من نقطة $\overline{أ}$ خط $\overline{أ ث}$ عموداً
 على خط $\overline{ث د}$ ثم نرسم كذلك $\overline{أ ب}$ عموداً على $\overline{أ ث}$ فيصير
 حينئذ خط $\overline{أ ب}$ موازياً لخط $\overline{ث د}$ وذلك لأنه إذا اتلأ في خط $\overline{أ ب}$
 و $\overline{أ ث}$ في نقطة واحدة لمكن تنزيل عمودين من تلك النقطة المفروضة على
 خط $\overline{أ ث}$ المستقيم وهذا غير ممكن *(كافي الدرس الاول)*

ولنبرهن الآن على أن كل خط مثل $\overline{أ ه}$ يقطع $\overline{ث د}$ فنقول
 مهما كانت زاوية $\overline{ب أ ه}$ صغيرة فانه يجب عليهما عند تدوير $\overline{أ ه}$
 حول نقطة $\overline{أ}$ لبعده عن $\overline{أ ب}$ أن تكثر زاوية $\overline{ب أ ه}$ مراراً
 عدة إلى أن تملأ المسافة المحصرة في ربع دور $\overline{ب أ ث}$ ولكن إذا اخذنا

عدة تقط بقدر ما يمكن مثل $\overline{\text{ث}} \overline{\text{ث}} \overline{\text{ث}}$ الخ المتباعدة عن بعضها
بمسافة مساوية لمسافة $\overline{\text{ث}}$ ثم اقنا اعمدة $\overline{\text{ث}}$ و $\overline{\text{د}}$ و $\overline{\text{ث}}$ و $\overline{\text{د}}$
و $\overline{\text{ث}}$ و $\overline{\text{د}}$ الخ فتقسم هذه الاعمدة بعد $\overline{\text{ب}}$ $\overline{\text{ا}}$ $\overline{\text{ث}}$ $\overline{\text{ث}}$ $\overline{\text{ث}}$ الى
مسافات متوازية مسطحها كسطح $\overline{\text{ا ب ث د}}$ فيثبت يمكن رسم مسافات
كبيرة العدد بقدر ما يوجد من الزوايا الصغيرة مثل $\overline{\text{ب ا ه}}$ و $\overline{\text{ا ه و}}$ و $\overline{\text{ا ه ا}}$
و $\overline{\text{ا ه ه}}$ الخ في زاوية $\overline{\text{ب ا ث}}$ القائمة فادن تكون المسافة
المشغولة بمسافة $\overline{\text{ب ا ث د}}$ الخ اصغر من المسافة المنحصرة في زاوية
 $\overline{\text{ب ا ه}}$ ولو بلغت هذه الزاوية في الصغر ما بلغت وبهذا السبب يقطع خط $\overline{\text{ا ه}}$
المستقيم المتدخ $\overline{\text{ث د}}$ وبدون ذلك يلزم ان تكون مسافة $\overline{\text{ب ا ه}}$
التي هي جزء من $\overline{\text{ب ا ث د}}$ اكبر من مسافة $\overline{\text{ب ا ث د}}$ وهذا
غير ممكن

ومن هنا ينتج انه اذا كان مستقيمان مثل مستقيمي $\overline{\text{ا ب}}$ و $\overline{\text{ث د}}$
متوازيين وكان احدهما عمودا على خط آخر ثالث مثل $\overline{\text{ا ث}}$ كان الاخر
عمودا على هذا الخط الثالث

وبسبب ما لون في فن الرسم ورسوم التجارة هذه الخاصية الموجودة في المتوازيات
فيصنعون آلة تسمى تاء لانها مربعة من جزئي $\overline{\text{م ن}}$ و $\overline{\text{و ح}}$ (شكل ٣)
المجتمعين على شكل حرف التاء الفرنسي ويطعون فرع $\overline{\text{م ن}}$ كثيف
السلك والبارز من اسفل على امتداد $\overline{\text{ا د}}$ من لوحة $\overline{\text{ا ب ث د}}$
ولما كان الفرع الآخر الذي هو $\overline{\text{و ح}}$ عمودا على الاول نشأ عن ذلك
ان خطي $\overline{\text{ا ب}}$ و $\overline{\text{ه ف}}$ المستقيمين المرسومين على امتداد فرع

وَح يكونان متوازيين

وإذا اريد تنظيم الجيوش العسكرية صفافاً على بلوكات متوازية مثل

أ ب و ث د و ه ف الخ (شكل ٤) فانهم يضعون اداة

أ و ث و ه و غ على خط مستقيم وابعاد متساوية ثم يصفون

كل بلوك اصطفافاً عمودياً على مستقيم أ ب ه غ الخ فيقتق حينئذ

ان البلوكات موازية لبعضها

ويستعملون في القنون بكثرة الخطوط المستقيمة المتساوية البعد

وفي نسخ اليد وطبع الكتب تكون الحروف موضوعة على خطوط متساوية

الابعاد اى متوازية كالالف واللام من اسم الله عز وجل

ويستعملون في فن الموسيقى الخطوط المتوازية المتساوية البعد (شكل ٥)

ليضعوا فيها قطعاً حلقية مملوءة او فارغة بسيطة او مركبة بأذيال متوازية

ثم يجمعون هذه النقط الحلقية بحيث لا يلزم الغناء ولا جراً نفحات كل جملة

الازمن واحد وهذا الزمن هو المسمى بالقياس وتكون الخطوط المتنوعة

منفصلة بخطوط مستقيمة عمودية على الخطوط الاولى المتوازية وبناء على

ذلك تكون هذه الاعمدة خطوطاً موازية لبعضها

ويرسمون في الغالب مرة واحدة خمس خطوط متوازية بواسطة قلم جدول

له خمسة اسنان موضوعة على خط مستقيم ويسكن عند الرسم على مسطرة

بشرط ان تكون الاسنان الخمسة موضوعة على صف عمودى على هذه

المسطرة فن الواضح حينئذ ان ترسم خمسة خطوط متساوية الابعاد

ومتوازية ايضا

واستعمال الخطوط المتوازية المتساوية البعد غير متناه في سائر القنون

حيث ان الحراث يصنع خطوطه على موجب الخطوط الموضوعة هكذا

فعند ما يحترث الارض ويجتر محراثه على خط مستقيم ترسم اسنان المحراث

المتساوية البعد خطوطاً مستقيمة متوازية وبناء على ذلك تؤثر اسنان الآلة

كلها في الارض على السوية لتقسم قطع الارض التي فصلها من الممرات
القطع صغيرة وكبيرة

واذا اراد التقاسم رسم سطوح كاملة الاشواء فانه يرسم اولا اجزاء كبيرة
الظل او صغيرة بخطوط غليظة او رفيعة لكنها تكون متوازية ومتساوية
البعد

فاذا اراد رسم سطوح مستوية وكان جرؤها منها يبعده عن الراصد او سطح
السما فانه يستعمل ايضا خطوطا نظمية مستقيمة ومتوازية ويمكنه ان يجعلها
على ابعاد متساوية بشرط ان تكون الخطوط القريبة من الراصد اعرج
واعرض من الاخرى ويمكنه ايضا ان يصنع خطوطا نظمية على منوال واحد
في العمق والعرض لكنها تكون متباعدة عن بعضها بقدر ما تكون قط الفراغ
الدالة عليها قليلة الظل او قليلة البعد عن الراصد وهذه التدريجات لها قواعد
هندسية فينبغي لكل من اراد من ارباب الفنون تحسين علمه ان يقف على
حقيقة هذه القواعد

ويمكن الان ان نبرهن على ان كل خطين مستقيمين متوازيين يكونان متساويي
البعد في جميع طولهما

فترسم خطي ا ب و ث د المتوازيين (شكل ٦) وننزل ا ث

و م ن عمودين على هذين الخطين ونعين نقطة كنقطة ش في

منتصف خط ا م وننزل ش ك عمودا على هذين الخطين

المتوازيين ثم نقس الجزء الايسر من الشكل على جرته الايمن بدوران الاول

حول خط ش ك كدوارب وتطبيقه على الثاني فزاويتا ك ش ا

و ك ش م من جهة و ش ك ث و ش ك ن

من جهة اخرى نصير متساوية وخط ش ا ينطبق على خط ش م

و ك ث على ك ن وحيث كانت زاويتا ش ا ث

و ش م ن قائمتين وحكماويتن خط ا ش ينطبق على م ن وتقع نقطة ث على قطعة ن فاذن يكون عود ا ث مساويا لعمود م ن وحينئذ يكون خط ا ث و م ن العموديان (شكل ٦) اللذان يقسمان في اوضاع مختلفة مسافة المتواربين مساو بين لبعضهما واما اقصر بعض بين هذين الخطين المتوازيين

ويكون عود ا ش و م ن الواقعان على خط ا ب المحقق متوازيين فاذن يكون مستقيما ا م و ث ن العمودان عليهما مساو بين لبعضهما

وبناء على ذلك اذا كان هذان المتوازيان كخطي ا ب و ث د ومستقيمان

آخران كستقيبي ا ش و م ن المتوازيين العمودين على المتوازيين الاولين فجزاء الخطيين الاولين المستقيمين المحصوران بين الخطيين الآخرين يكونان مساو بين لبعضهما وكذلك جزاء الخطيين الآخرين المحصوران بين الاولين يكونان مساو بين لبعضهما

اجراء العملية على سكك الحديد اى السكك ذات القضبان وهى سكك يصنعون عليها قضباناً مجوفة او محدبة كملء الاستقامة والاتصاف يتوصل فيها او علم ابغاية الدقة اربع عجلات من العربات اثنتان منها على القضيب الايمن واخريان على القضيب الايسر ومتى كلن احد هذين القضيبين مستقيما لزم ان يكون الاخر بعيدا عنه بمسافة مساوية لبعدها عن العجلات الموصوعة على محور واحد وبذا يكون القضيبان متوازيين حيث انهما متساويا البعد ومستقيمان ومتوازيان وفي النقل على هذه السكك قائدة عظيمة ووفر جريد بالعسبة للنقل الحاصل على الطرق العادية

واذا فرضنا ان خط ا ث يقرب من ا ب (شكل ٦) بشرط

ان يكون دائما عمودا على ا ث فانه يكون دائما موازيا لخط ا ب الذي
يقرب منه شيئا فشيئا مع التساوى في جميع اجزائه
ولتصره هذه الخطوط المتوازية والتساوى الذي تحفظه الخطوط المذكورة
في ابعادها فائدة عظيمة في الميكانيكة

تطبيق الخطوط المتوازية على عجلات الآلة المستعملة لغزل القطن

اذا تصورنا عجلة متجهة على حسب اتجاه ث د وامكن تقدمها او تأخرها
(شكل ٦) عن ا ب مع التوازي بواسطة العجلات الصغيرة التي تمر
على قضبي ا ث و م ن المتوازيين فان خيوط القطن تمتد من خط
ا م الذي هي خارجة منه بمسافة متساوية لتلتف على مغازل مصطفة
على اتجاه ث ن المتساوى البعد وعند ما تقرب عربة ث ن من

ا م تنقص بالسوية مسافات قط ث ن الموجودة على مستقيم
ا م وبناء على ذلك تلتف الخيوط بالتساوى على المغازل بدون ان تكون
كلها مشدودة مع التساوى ومتى بعدت العربة من خط ا م لتعود الى
ث ن كانت الخيوط ممدودة بالتساوى كذلك ولذا يمكن بواسطة تساوى
الخطوط المتوازية المحصورة بين متوازيات اخر الوصول الى انشاء الآلات
الطريقة المعدة للغزل التي ليست فائدتها مقصورة على غزل اربعين قفلة
او خمسين او ستين او اكثر من ذلك بمجرد حركة العربة مرة واحدة بل تصنع
زيادة على ذلك سائر الخيوط مع مساواة لا يمكن تحصيلها اذا غزلت بدون هذه
الطريقة وبدون الوسائط الهندسية

والى الان لم تقابل الخطوط المتوازية الا بالخطوط العمودية ولتقابلها
لان بالخطوط المائلة بان فرض (شكل ٧) رسم خطي ا ب
و ث د المائلين بالنسبة لخط ه ا ث ف فاذا كانت زاويتا

أب و هـ د (اللتان يقال لهما متقابلتان) متساويتان فان

مستقيمي **أ ب** و **د هـ** يكونان متوازيين
ويكون عكس ذلك صحيحا عني اذا كان هذان الخطان متوازيين فان كل ما قُل
يقطعهما بشرط ان يصنع معهما اربع زوايا حادة متساوية واربع زوايا
منفرجة متساوية ايضا

وفي القنون التي يحتاج فيها الانسان الى رسم مستقيم مواز لاخر يستعمل
فالخاصية المتوازيات

ويستعمل لذلك مسطرة مثلثية مثل **م م م** (شكل ٨) من
الخشب او الزجاج او المعادن وهي مسطرة الرسامين وسميت مثلثية لان
م م م و **م م م** اللذين هما ضلعاهما على شكل زاوية قائمة او مسطرة
مثلثية

واذا فرضنا الان ان المطلوب **م م** مستقيم من نقطة **أ** مواز لخط **د هـ**
(شكل ٨) فالتا ابتداء اولاً بوضع المسطرة المذكورة وهي **م م م**

بحيث يتبع احد اضلاعها وهو **م م** اتجاه **د هـ** ثم نضع مسطرة **م م**
على ضلع **م م م** من المسطرة المثلثية ونسكي باليد او باقلام اخر مع الشدة
على المسطرة المثلثية لتثبت على المستوى ونحور باليد الاخرى المسطرة
المثلثية على امتداد المسطرة حتى يصير ضلع **م م م** قريبا جدا من نقطة
أ المفروضة بالنظر الى الالة التي تستعمل لرسم مستقيم **أ ب** المطلوب
ويصير هذا المستقيم المرسوم على امتداد **م م م** موازيا بالضرورة لخط

د هـ حيث ان الزاويتين الحادتين المتقابلتين المصنوعتين بالمسطرة
وخطي **أ ب** و **د هـ** متساويتان

وبواسطة ضلع **م م م** من المسطرة المثلثية يمكن رسم خطوط عمودية على
المسطرة وذلك اسهل من رسم الخطوط العمودية بواسطة الخطوط المائلة
المتساوية لليل ولكن يلزم ان تلك مساطر مثلثية جيدة الضبط وان كانت فادرة

الوجود حتى انه لا يوجد في المدن التي تقدمت فيها القنون الاقليل من
الصنایعية الذين يصنعون مساطر مثلثية ومساطر جيدة الضبط يكتفي بها
مهرة الرسامين
ولشرح الآن تطبيق الخواص التي ذكرناها آتعا على تركيب الاجسام
وحركتها فنقول

اذا كان هناك (شكل ١٠) شكل لا تتغير صورته مثل ا ب ث د
وفرضنا تقدمه بحيث تكون جميع نقطه الموجودة على مستقيم ا م د
الخ متحركة على مستقيم ا م د الخ فنقول ان كل نقطة كنقطة
ب او ث او د التي هي من شكل ا ب ث د ترسم
مستقيم ب - ا او ث - ا او د - ا الموازي لخط ا ا وحيث كانت
صورة الشكل المذكور لا تتغير مدة تحركه لزم ان كل نقطة من نقط
ب و ث و د تمكث دائما على بعد واحد من مستقيم ا ا فاذن
ترسم هذه النقطة خطا مستقيما موازيا لخط ا م د الخ
وكثيرا ما يستعمل في الصناعة هذه الخاصية المستحسنة المعلومة من الهندسة
(بيان تطبيق العملية على حركة الدروج في بيوتها)

قد تكون الدروج والنخت والواليب والصناديق الافرنجية متداخلة ومعاينة
في تحركها (شكل ٩) يبروز ترسم التحاماته القائمة خطوطا مستقيمة
متوازية كخطوط ا ا و ب ب و د د و ث ث وعند تقدم
الدراج او تاخره اذا كانت مهماته جيدة اعنى اذا كان توازي جميع اجزائه
ملحوظا بالدقة يكون محكما عند دخوله في بيته ولا يختل باى وجه كان
في جميع حركاته حيث ان الخطوط المتوازية التي انفصلت بين هذه
المتوازيات وصارت بذلك متساوية تدل على بعد النقط المتنوعة من هذا
الدراج في سائر اوضاعه المختلفة

(بيان تطبيق العملية على حركة المكاييس في الطلمبان)

هذا التطبيق يفيدنا كيف يكون المكاس الداخل مع الاتقان في جسم طلبة محيطها مركب من خطوط مستقيمة متوازية متحركا فيها مع غاية الضبط بدون ان يعرض له عارض في حركته وذلك اذا كان جسم الطلبة والمكاس مصنوعين مع الضبط واما اذا كان المكاس يصعد ويحيط بالتوالي فان كل نقطة من دائرته تصير خطا مستقيما موازيا لمحور جسم الطلبة ولا بد ان تكون جميع هذه الخطوط المتوازية المرسومة موضوعة بالكلية في داخل جسم الطلبة لاسيما عند عمل الآلات البخارية التي اذا حدث فيها ادنى خلل وقل اختلاف في التوازي حصل لقواها الضعف والضياح

(بيان تطبيق العملية على لجة القماش وحياته)

لاجل لجة القماش نبدأ اولاً على التوازي بجهة من الخيوط ونجمعها من طرف على حاشية ونلقها من الطرف الآخر على عمود من الخشب او غيره ثم نشد الخيوط المذكورة حتى نمي الاجزاء المنفردة بجهة خطوط مستقيمة متوازية وموضوعة على مستوا واحد * ولكيلا يكون القماش المراد نسجه مرتخيا في بعض الاجزاء نستعمل آلة نسجي مشطا وهي مركبة من اسنان رفيعة مستقيمة ومتساوية البعد عن بعضها مع التوازي ومن جهازين موازيين لبعضهما وندخل في كل مسافة من المسافات التي بين اسنان المشط خيطا من السدى وهو الذي يتظم تباعد الخيوط عن بعضها فبمجموع الخيوط المستقيمة المتوازية اللذين احدهما يستعمل لتنظيم الاخر حين يكون المشط مصنوعا مع الضبط فصل الى صناعة اقشة كبيرة العرض والطول مع التساوي التام في جميع اجزائها

ومن المعلوم عند جميع الناس ان الهندين احسنوا صناعة الكشامير الشهيرة حتى بلغت في الحسن والدقة غاية السكال ومع ذلك لم يكن عندهم لاجل تحقيق توازي الخطوط وتساويها في البعد طرق تشبه في الضبط والتحقيق طرق الافرنج فلذا عسر عليهم صناعة ارضية الشيلان المقاربة لشيلاان الافرنج في القماش والمتحدة معها في النسج مع ان اهل اوربام تشرع في هذه

الصناعة الامدعشرين سنة

ومن الضروري ان نوضح للتلامذة ان كمال الدرجة العليا المحصلة في فن
من الفنون منوط بالطرق التي يستعملها الانسان ليقترب من الضبط كما تبينه
الهندسة التصويرية في نوازي الخطوط المستقيمة التي هي كناية عن الخطوط
الرفيعة جدا

ويقتصر الانسان غالباً القرصة في تدوين هذه النتائج باى محل تستلزم فيه
تقدمات الصناعة اذ خال قوة الادراك والتركيبات الهندسية
في شغل الكرخانات وقد ذكر غير مرة ان هذا هو الذى يجبر ارباب الصنائع
على معرفة الهندسة المطبقة على الفنون معرفة جيدة

وتستعمل خواص الخطوط المتوازية لتركيب اى شكل اوجسم يكون
مساوياً بالجسم معلوم اولشكل كذلك

فاذا فرضنا مثلاً ان المراد عمل شكل ا ر ث د (شكل ١١) مساوياً
على وجه العجوة لشكل ا ب ث د المرسوم سابقاً فالتأريسم خطوط

ب ر و ث و و د د مساوية لخط ا ا وموازية له ثم
نرسم خطوط ا ر و ر ث و ث د و د ا فتصير هذه الخطوط
المذكورة مساوية بالضرورة لخطوط ا ب و ب ب و ب د و د ا
وموازية لها وهذا السبب يصير الشكلان متساويين

(بيان تطبيق العملية على رسوم الابنية المدنية والبحرية)

اذ الزم ان تنقش قطعة من الخشب او الحجر او الحديد نقشا ينطبق بالدقة على
مخوف او محدب مهياً لادخال القطعة المخرقة فيه فتستعمل خواص الخطوط
المتوازية التي استعملناها آنفاً فاذا فرضنا مثلاً ان اردنا ان نحرر في الداخل

المدلول عليه بخط ا ب ث د ه ف (شكل ١٢) قطعة من
الخشب مثل س س بعد تجييرها وترقيتها بالكلية فنقول انه يمكن

لذلك رسم خطوط ا ب و ب ر و ر ث و د د و ه ه و ف ف
المتساوية والمتوازية لبعضها ثم نرسم محيط ا ر ث د ه ف ونحصر قطعة

س ص بحسب هذا المحيط

ونستعمل هذه الطريقة لاجل ان نصنع من الواح الخشب الخفيفة ارانيك
الخطوط الاصلية التي نصنع بها سفينة على موجب رسم معلوم ويسمى
مهندسوا السفن طريقة الخطوط المتوازية بالتقالة ويترتب على صحتها الامانة
التامة التي بها تجري عملية الاشكال للمعلومة عند المهندسين على وجه
العصاة

واما استعمال هذه الطريقة الخاصة باجتماع القطع الكثيرة المجموعة او المكدبة
(شكل ١٣) التي ينبغي تعسفها ببعضها فان صلابة السفينة متوقعة على
احكامها وعلى المقاومة التي ترد تحرك اجزائها عند ما يحصل لهذه السفينة
مشاق من البحر وهذه الحركة هي احدى اسباب الاتلاف المضرجدا
كما ستقف عليه فيما بعد

بيان تطبيق الخطوط المتوازية على رسم الهندسة الوصفية اى قواعد
المساقط

قد ذكرنا بالاختصار طريقة رسم شكل يساوى شكلا اخر بواسطة الخطوط
المتوازية وهذه الطريقة استعملت ايضا لعمل ارنيك عام لرسم صورة
الاجسام وهذا هو القرض الاصلى من رسم الهندسة الوصفية
فننقل على مستويى مستوى المسقط كخطة الولوج او فرخ ورق منفرد
الجسم المراد رسمه وذلك بان نمد من كل نقطة من قط الجسم المطلوب رسمه
خطا مستقيما موازيا لاتجاه معلوم بمقتضى الاتفاق ولا يخفى ان كل نقطة من
قط الجسم المرسوم تترك موضعها الاصلى وتوضع على سطح المسقط مع
اتباعها للاتجاه المتوازى المتفق عليه فاذن يكون وضع النقطة الجديدة على
مستوى المسقط هو نفس مسقط النقطة

فاذا اسقطنا سائر نقط خط مستقيم او منحنى فانه يتالف منها على مستوى
المسقط مستقيم ومنحنى جديدان يصيران مسقطى الخط المستقيم او المنحنى
الاصلى

وهذه هي الطريقة المستعملة لاختذ صورة الاجسام في الابنية المدنية والعسكرية والبحرية وفي فن قطع الانخشاب والاحجار وفي الرسم المعد لعمل الآلات وهلم جرا

ولا يكتفى مسقط واحد للاجسام المراد تصويرها وانما ينبغي مسقطان او اكثر لتصديق صورتها وقدرها مع غاية الضبط ولذا يستعملون سطحى مسقط ليسهل اجراء عملياتها بضرر احدهما راسيا والاخر افقيا يرسى او يسقط على المستوى الراسى الجسم المراد رسمه بواسطة خطوط متوازية افقية ويسقط على او يسقط الجسم المذكور على المستوى الافقى بواسطة خطوط متوازية راسية

ومن ذلك يسمى المسقط الافقى مستوى الجسم والمسقط المنتصب ارتفاعه ويجب على التلاميذ من الآن فصاعدا معرفة ضرورة رسم المساقط مع الضبط بواسطة المستويات والارتفاعات ومعرفة جميع الاجسام المطلوب رسمها وعمليتها في سائر الفنون التى ينبغي ان يكون فيها للنتائج صورة جيدة المعينة اما على حسب الارانيك او على حسب الابعاد والمساقط المعينة سابقا

ويتوصل للتلامذة عقب هذه الممارسة وسائط العمل في الاحوال التى تتقدم لهم غير ان ذلك لا يكفيهم وانما يلزم لهم معلم حصوصى يعلمهم رسم المساقط بطرقه ومعارفه

(بيان تطبيق طريقة المساقط على فن الميكانيكة)

ليست الخطوط المتوازية والعمودية مستعملة بواسطة المساقط لمجرد رسم صورة اى جسم مفروض عدم تحركه في وقت معلوم فقط بل تستعمل ايضا لتبيين الطريق التى يتبعها او يجب ان يتبعها كل من نقط ذلك الجسم عند تحركه باى حركة كانت وهذا التطبيق الجديد الناشئ عن الهندسة من اعظم الاشياء فعا لن الميكانيكة فيسوغ لنا ان نرسم بواسطة الخطوط ما ليس بحقيقى الصورة في الفراغ ويسوغ لنا ايضا ان نعين على الدوام رسوم الاشياء

التي من شأنها الخلق في الوقت الذي يعقب ظهورها
 فإذا فرضنا مثلاً أننا اطلقنا رصاصة بندقية او كلة مدفع نحو هدف معلوم
 فان مركز هذه الرصاصة او الكلة يقطع خطاً غير مشاهد ومع ذلك فيمكننا
 ان نرسم هذا الخط كما ينبغي على مستوي ما ونستعمل هذا الرسم في احوال
 كثيرة كما اذا اردنا ان نتحقق من تأثير ضرب طابية على استحكامات فعلية
 حسب دخول هذا الخط المتجه على رأس الاستحكامات في الفراغ الذي يشغله
 المحافظون او مروره باعلى هذا الفراغ من بعد لا يصل الى المحافظين يكون
 للطابية فائدة او عدم فائدة بالنسبة للمحاصرين (بكسر الصاد) وتكون
 خطرة او غير خطرة بالنسبة للمحاصرين (بقصها) الذين خلف السور
 (راجع الدرس الرابع عشر)

فان نرسم الخط المراد قطعه بتركز الرصاصة على سطحي المسقط المينين
 للاوضاع الاصلية وقوس الطابية والاستحكامات لنعرف ما يبرح او ما يخشى
 من نتائج هذه الطابية

ونرسم ايضا بواسطة الخطوط بجملة النقاط التي يقطعها مركز القمر حول
 الارض ويقطعها ايضا حول الشمس مركز الارض وباقي النجوم السيارة
 وذات الذنب وما اشبه ذلك فتكون معرفة الخطوط المقطوعة على هذا الوجه
 بالكواكب السيارة منظومة في سلك الاستكشافات النفيسة التي كشفها
 عقل الانسان ومكتشفها من السنين حتى وصل اليها

والقصد من صناعة الآلات المستعملة لضرورة الناس واشغال الصناعة ان
 بعض اجزائها يحصل عنه حركات مخصوصة ولا يكتفي رسم اجزاء كل آلة في وضع
 مخصوص بل يلزم رسم حركات هذه الاجزاء وسيرها وقد يحصل ذلك
 باستعمال طريقة المساقط مع الخطوط المتوازية والعمودية وبواسطة هذا
 الرسم نقف على حقيقة ما ينشأ من صور الاجزاء المتنوعة لهذه الآلات
 عند تحركها

ويعلم من ذلك ان القضية المتعلقة بالمتوازيات والخطوط العمودية التي يظهر

انها مله وموجزة جدا لها تطبيقات مفيدة اما الرسم الاشياء وصناعتها بالنظر
الى اشكالها ورسم اثاث البيوت والابنية والآلات اولدلالة على الحالة
الثابتة للأجسام واحوال تحركها المتنوعة فاذن ينبغي التعود بكثرة على
طريقة الرسم التي تجري في الصناعة

ومن ارفع عمليات الخطوط المتوازية العملية التي استعملت لرسم الخطوط
المنحنية بواسطة الخطوط المستقيمة المتوازية

فاذا فرضنا اى خط منح كخط م ا ب ب د ن (شكل ١٤)

فاننا نقله الى خط مستقيم اصلى اى الى محور م د بواسطة عدة خطوط

اخر مستقيمة متوازية كخطوط ا ا و ب و ث و د الخ

ثم نرسم عادة هذه الخطوط الاخيرة على ابعاد متساوية

(بيان اجراء العملية في رسم الخطوط المنحنية)

فائدة هذا الرسم الهندسى هو انه يسوغ لنا رسم صورة الخطوط المنحنية
وهذا هو لو كانت قليلة الانتظام ان امكن التعبير بهذه الطريقة ومن ذلك
المثال الشهير المقرر في عمارة السفن

(بيان المثال المذكور)

حاصله ان سرعة سير السفينة في حداثتها تعلق بالصورة الموائمة للقارينة
اى الجزء الاسفل المنخفض في الماء فينبغي ان تكون هذه الصورة دائمة ومحكمة
الصناعة على حسب الابعاد التي يحددها المهندس ولذا يستعملون القواعد
الهندسية المضبوطة في رسم قارينة السفن وتركيبها والمعلول في ذلك على
قاعدة المتوازيات والخطوط العمودية

والضلع الايمن من السفن التي تصنعها يسمى تريبوراً اى الجهة اليمنى وهي
مضاهية بالكلية للضلع الايسر المسمى بالباور اى الجهة الشمالية ولاجل
عملها عند خطاها كخط م ن (شكل ١٥) يصل مقدمها بمؤخرها
ونقيم على هذا الخط المستقيم المنقسم الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب

و **ب ث** الخ خطوط عمودية ونضع على هذه الخطوط تقاطعاً على خطوط الماء

ونفرض ان السفينة تنغمس بالتدريج في البحر بدون ميل من الجهتين ونضع في كل درجة من الانغماس على سطحها الخارج خط محيط الماء وهو المسحي بخطوط الماء والذي يدلنا من مبدئه الامر على اتصال هذه الخطوط هو صحة اشكال السفينة وتكون هذه التخصيات محددة كما ذكرناه آنفاً بواسطة انصاف الاعراض الموضوعة على بين المحور وعلى يساره وعلى المتوازيات وإذا كانت انصاف الاعراض المذكورة مدلولاً عليها باعداد بالنظر الى كل خط مائي وكل متوازي فانه يمكن دائماً رسم القارينة اى الجزء الاسفل من السفينة وبناء على ذلك يمكن عمل السفينة المذكورة

(مثال ناشئ من رسم الطرق والجلبان)

مثلاً اذا كان خط **م ن** المأخوذ محورياً (شكل ١٦) هو خط تسوية مياه الخليج او خط آخر مواز لهذه التسوية فالتأخذ خطوطاً عمودية مثل **ا ا** و **ب ب** و **ث ث** من ابتداء هذا الخط الى الارض التي صورتها منتهية بالخط المنحني المار بنقط **ا** و **ب** و **ث** وهناك آلة يقال لها آلة التسوية تستعمل لتحديد ارتفاعات **م م** و **ا ا** و **ب ب** و **ث ث** وسيأتى لك بيانها عند الكلام على آلات الماء

ثم نصنع ما يسمى بالرسوم الجانبية القاطعة بان نأخذ من كل نقطة من نقط

ا و **ب** و **ث** و **د** الخ خطوطاً عمودية على **م ن** ونعتبر كل واحد من هذه الخطوط محورياً جديداً ثم ننزل من هذا المحور بخطوط عمودية على الارض ونقيس طولها ثم نصنع لكل محور جديد شكلاً بواسطة خطوط الارض العمودية والمنحني المقابل لهذه الخطوط

وقد تكون هذه العمليات لازمة لزوماً ضرورياً في معرفة كمية الارض التي ينبغي حفرها في الاماكن المرتفعة لنقلها الى الاماكن المنخفضة وتغيير صورة

الارض الاصلية الى الصورة الملائمة للطريق والفلج الذى يراد رسمه وبالجملة
فان هذه الارتفاعات ينشأ عنها مع السرعة والسهولة طريقة عن الحسابات
الضرورية فى تقويم كليات الارض التى يراد رفعها وازالتها وهو ما يسمى
حذف او قتلها وهو ما يسمى ردما

واذا اردنا تحديد عق بجملة افهر او مينا او مرسى مع غاية الضبط فالتقسيم
السطح الى جملتين من الخطوط الاقية المتوازية المتساوية البعد بشرط
ان تكون خطوط احدهما عمودية على خطوط الاخرى فالتقسيم ذلك نزلنا
من كل نقطة تكون فيها الخطوط المتوازية الممتدة الى جهة واحدة مقطوعة
بخطوط متوازية ممتدة الى جهة اخرى بعمود يصل الى الارض واذا مررنا
بخطوط منحنية من طرف الخطوط العمودية الممتدة من افق واحد فالتقسيم
نصنع الشكل الجانبي لقاع البحيرة والتهر او المينا او المرسى وبهذه الطريقة
يتحصل طول هذه الاشياء او عرضها سائر الرسوم الجانبية اللازمة فى تحديد
صورة هذا القاع

وعرضه عن اتباع الطريقة المذكورة الدالة على صورة الارض المعصورة بالماء
او غير المعصورة نستعمل غالبا خطوطا منحنية بشرط ان تكون الارتفاعات
المنتصبة متساوية بالنظر لكل من هذه الخطوط المنحنية وحيث نضع جملة
من الخطوط المنحنية الاقية ونفرض مادة ان الخطوط المنحنية المتتالية تكون
متساوية البعد عند قياسه اى البعد المذكور مع الاتصاف وبناء على ذلك
يستدل على القطوع الاقية الموجودة على المسقط المنتصب اعنى على
الارتفاعات المتوازية متساوية البعد وهذا هو الذى يترب عليه عدة عمليات
ولهذه الطريقة فائدة عظيمة وهو انها تظهر بمجرد النظر على مستو كقرخ
من الورق الصورة التامة للارض فى جميع اجزائها المتنوعة

وليس نفع تعيين الصورة المذكورة مقصورا على رسم الجهات المائية اى
وصف الاماكن المعصورة بالماء او المروية بها بل ينفع ايضا فى التبرغرافية
اى ما يخص البلدان لاجل اخذ صورة الوديان والجبال وغيرها مع الضبط

والتفصيل وينفع ايضا المهندس الجهادى كما ينفع مهندس القناطر
والجسور في رسم الطرق السلطانية واجراء عملية الاستحكامات
واذا اريدت شيد قنطرة قنائية واعتيادية فان ابغال هذه القنطرة ترتفع الى
ارتفاع خط التسوية الذى هو م ن (شكل ١٧) ويقسم هذا
الخط من حيث هو الى اجزاء متساوية مثل م ا و ا ب و ب ث
وعلى كل نقطة من نقط التقسيم تنزل اعمدة ا ا و ب ب و ث ث
وتأخذ ابغال القناطر الاعتيادية والقنائية

ولم تنوسج زيادة عما يلزم في هذه التطبيقات العديدة التى يمكن عملها فى شأن
رسم صور الامتداد بواسطة المتوازيات وسترى فائدة هذه الطريقة وسهولتها
وايجازها وسرعتها فينبغى حينئذ كثرة التمرن عليها وان ترسم مع المشقة عدة
اجسام تتعلق بالمحاور والمتوازيات بشرط ان ينتشر جنس هذا الرسم
بالتدريج فى جميع الكرخانات

ويمكن ان مراجعة كتب الرسم والهندسة المختصة بالمستويات والسطوح
المختصة وكتب الهندسة الوصفية لا تخلو عن فائدة

(الدرس الثالث)

(فى بيان الدائرة)

الدائرة هى سطح مستو تكون جميع تقط دائره السطح المحيط على بعد واحد
من نقطة الوسط المنفردة المسماة مركزا

وبجميع الخطوط المستقيمة الواصلة من ذلك المركز الى المحيط تكون متساوية
عندما تسمح الابعاد المتساوية ويطلق على هذه الخطوط المستقيمة اسم انصاف
الاقطار فاذن تكون جميع انصاف اقطار الدائرة متساوية

ومتى كان نصف القطر متقابلا بين احدهما على يمين المركز والاخر على يساره فان
الخط المستقيم المنفرد المتألف منهما يسمى قطر الدائرة

وحيث كانت $\overline{ش}$ هي مركز دائرة $\overline{ابده}$ (شكل ١) كانت جميع
انصاف اقطار $\overline{ش ا}$ و $\overline{ش ب}$ و $\overline{ش د}$ و $\overline{ش ه}$ متساوية
واذا انالقس من نصفي قطر $\overline{ش ا}$ و $\overline{ش د}$ خط مستقيم كخط $\overline{اشد}$
فهذا الخط هو قطر الدائرة

وكل قطر مثل $\overline{دا}$ (شكل ١) يقسم الدائرة الى قسمين متساويين
ويكني في اثبات ذلك ثني جزء $\overline{داب}$ على جزء $\overline{دا ه}$ بتدوير $\overline{داب}$
حول قطر $\overline{دا}$ كلولب فاذا وقعت نقطة من محيط $\overline{داب}$ في داخل
محيط $\overline{دا ه}$ كانت قريبة من المركز واذا وقعت في خارجه كانت
بعيدة عنه وهذا غير ممكن حيث ان جميع نقاط محيط $\overline{داب}$ و $\overline{دا ه}$
على بعد واحد من المركز فاذن ينطبق محيط $\overline{داب}$ بالكلية على
 $\overline{دا ه}$ ويكون جزاء الدائرة المنفصلان عن بعضهما بقطر $\overline{دا}$
متساويين

ويطلق اسم الوتر على كل خط مستقيم كخط $\overline{م ه}$ (شكل ٢) منته
من كلتا جهتيه بمحيط الدائرة ويطلق قوس الدائرة على كل جزء من المحيط بجزء
 $\overline{م ه}$ و يطلق اسم السهم على جزء $\overline{م ه}$ من نصف قطر $\overline{ش ه}$ في
العمودي على الوتر وهو منحصر بين الوتر والقوس
وهذه الاسماء منقولة من اسماء الخشب الذي كان يستعمله القدماء حيث
يشدونه بوتر على هيئة جزء من المحيط تقريبا (شكل ٣) ويطلقون عليه
اسم القوس وهو معد لرى السهام الموضوعة على منتصف الوتر في اتجاه
عمودي عليه ومن ذلك يعلم ان التطبيق واسطة في اتساع دائرة العلوم
وفي نقلها اليها صارت فيها من قبيل الحقائق العرفية

وكل نصف قطر مثل $\overline{ش ه}$ (شكل ٢) العمودي على وتر $\overline{م ه}$
يقسم القوس والوتر الى قسمين متساويين

ولا ثبات ذلك عند نصفي قطر $\overline{ش م}$ و $\overline{ش ه}$ اللذين هما خطان

مائلان متساويان بالنسبة الى عمود θ فينتج اولاً $\angle م = \angle ح$
وكذلك يكون وتر $\angle م$ و $\angle ح$ مائلين متساويين واذا تينا θ
على θ $\angle م$ فان نقطة \angle تقع على نقطة $م$ وقوس \angle ضمه \angle
على قوس $م$ و \angle بحيث لا يمكن ان تقع نقطة ما من نقط القوس الاول
داخل الثاني او خارجه من غير ان تكون قريبة او بعيدة من مركز θ *
ثانياً ان قوسي $م$ و $ح$ و \angle ضمه \angle يكونان متساويين
(اجراء العملية في رسم الخطوط)

يتألف من الخاصية التي ذكرناها آتفا عمليات نافعة جداً في فن الرسم وفي اغلب
القنون التي ينبغي ان نجعل لها اقيسة جيدة الضبط
فتستعمل اولاً لتقسمة قوس الدائرة الذي هو $\angle م$ و \angle (شكل ٤) الى
قسمين متساويين ولذلك نأخذ بيكاراً ونقصه على قدر الكفاية (اعني اكثر
من نصف $\angle م$) ثم نضع على $م$ احد طرفي البيكار ونرسم بالطرف
الآخر قوس الدائرة وهو \angle ضمه \angle ثم نأخذ الطرف الثاني من البيكار
ونضعه على \angle ونرسم بالطرف الآخر منه قوساً ثانياً كقوس \angle ضمه \angle
بشرط ان نهم في عدم فتح البيكار وغلقه وقت اجراء العملية وتكون نقطة
ضمه التي يجمع فيها القوسان على بعد واحد من تقاطع $م$ و \angle فاذن
تصير موضوعة على العمود الواقع على $م$ \angle المار بمقتصف هذا المستقيم
وبمركز الدائرة وهذا الخط المستقيم هو الذي يقسم وتر $\angle م$ وقوس
 $\angle م$ الى قسمين متساويين

فاذا لم يعلم وضع المركز يكفي ان يرسم من جهته قوسي \angle و \angle
بقضبة واحدة من البيكار فيكون مركز الاول $م$ والثاني \angle وتصير
نقطة \angle كنقطة \angle على العمود الذي يقسم وتر $\angle م$ وقوسه
الذي هو $\angle م$ و \angle الى قسمين متساويين
واذا علمنا ثلاث نقط من محيط الدائرة كنقط $م$ و \angle و \angle (شكل ٥)
امكن ان نجد وضع المركز ومقدار نصف القطر ونرسم نفس المحيط

ويكنى لذلك ان تنزل على حسب الطريقة التي ذكرناها اولا من منتصف
 م هـ خط غ ا عمودا على م هـ وثانيا من منتصف هـ و خط
 و ر عمودا على هـ و وعند من نقطة ث التي يتلاقى فيها عمودا
 ث غ و ث ر معا خطوط م هـ و ث هـ و ث و المائلة
 فتصير متساوية فاذن تكون خطوط م هـ و ث هـ و ث و ثلاثة
 انصاف اقطار للدائرة المطلوبة التي تكون نقطة ث مركزها

ومنى كان ا ب و د هـ و ف غ التي هي اوتار الدائرة
 (شكل ٦) متوازية فان اقواس ا د و ب هـ و د ف و هـ غ
 الخ التي في هذه الاوتار تكون متساوية

ولا ثبات ذلك عند من مركز ث نصف قطر ث ل م هـ عمودا
 على سائر الاوتار فيقطع كل واحد منها الى جرتين متساويتين وزيادة على ذلك
 اذا قابلناه بطول الاقواس المطابقة لهذه الاوتار ترتب على ذلك ان قوس
 ح ا يساوي قوس ح ب وقوس ح د يساوي ح هـ و ح ف
 يساوي ح غ

ويترتب على ذلك ان قوس ا د يساوي ب هـ و د ف يساوي
 هـ غ

وقد يكون مستقيم س ح ص (شكل ٦) العمودى على نصف
 قطر ث ح من الدائرة والممتد من نهاية نصف القطر المذكور واقعا
 بتمامه خارج الدائرة ولا يصدم معها الا في نقطة واحدة كنقطة ح فاذن
 يكون هذا المستقيم مماسا للدائرة ولا يمكن ان يمر مستقيم آخر من نقطة ح
 بين الدائرة ومماسها الذي هو س ح ص

وبيانه ان يقال حيث كان نصف القطر عمودا على مستقيم س ح ص فان
 نقطة ح التي هي موقع هذا العمود تكون اقرب لمركز ث الموضوع
 على هذا العمود مما عداها من النقط الاخرى كنقطة س او ص لان

البعد الحاصل بين نقطة س او ص ونقطة ث مقيس بالمائل الذي يكون بالضرورة اطول من عمود ث ح فاذن تكون سائر نقاط مستقيم س ح ص موضوعة خارج الدائرة ما عدا نقطة ح وللقنون في هذه الخواص الموجودة في الدائرة منفعة عظيمة بالنسبة للمستقيحات المعماسة لها

ويمكن في سبده الامر ادارة الدائرة حول مركزها الذي هو ث المفروض انه ثابت وفي هذه الحركة يكون تماس س ص ثابتا و يترتب على ذلك امران احدهما ان الدائرة لا تتجاوز س ص ثانيهما انها تماس دائما س ص في نقطة ح البعيدة عن مركز ث بمسافة مساوية لنصف قطر ث ح وبناء على ذلك اذا تماس مستقيم ثابت الدائرة في نقطة وكان مركز تلك الدائرة ثابتا على محور فيمكن ادارة هذه الدائرة بدون ان يلمس الانسان مشقة في بعده عن هذا الخط المستقيم او في دفعه عنه (اجراء العملية في خرط جسم متحرك بواسطة آلة ثابتة)

يستعمل الخراط هذه الخاصية لقطع سطح مستو على حسب محيط مستدير بان يدير المستوى حول نقطة ثابتة كنقطة ث المجمولة مركز الدائرة ثم يوجه آلة حادة على اتجاه تماس س ص فتؤثر هذه الآلة القاطعة في نقطة ح وتكون جميع اجزاء المستوى المفصولة عن بعضها بالآلة بعيدة عن نقطة ث بمسافة اكبر من ث ح وعلى ذلك تكون جميع نقاط المحيط المفصولة ايضا على هذا الوجه على بعد ث ح من المركز فاذن يكون هذا المحيط محيطا للدائرة

(اجراء العملية في عمل الاجار المعدة لسن الآلات او تسطيج السطوح) نستعمل الخاصية المتقدمة في عمل الاجار الصالحة لسن الآلات وتسطيج الاجزاء المستقيمة من سطح حاد من نتائج الصناعة بان يمسك الجسم المراد سنه او تسطيحه باليد او غيرها ويتكأ به على حجر مستدير الشكل فان كان مركز هذا الحجر ثابتا ومحيطه محكم الضبط عند ادارته فكان سطحه مماسا دائما

للأجسام الواردة منها ونسبها

ولا توجد هذه الخاصية في شكل غير شكل القائرة لانه عند ادارة هذا الشكل
تحدث اوقات يبعد فيها الشكل المذكور عن الاجسام الثابتة واوقات اخرى
يدغمها عن نفسه

وعوضا عن كوتنا قرض ان الدائرة متحركة ومماس $س س$ ثابت
فقرض عكس ذلك اعني ثبات الدائرة ونحرك $س س$ مستقيم مع جعل
هذا الخط المستقيم بعيدا عن مركز $ث$ بمقدار يساوي نصف القطر
فلا يزال مماسا لمحيط الدائرة

(اجراء العملية في خوط الاجسام الثابتة)

تستعمل هذه الطريقة لتقطع الاجسام الثابتة مع الاستدارة وفي هذه الحالة
تكون الآلة هي التي تدور حول المركز ويستل على الجهة اليمنى من الآلة
بماس $س س$ وعلى نفس القاطع نقطة $ح$
وتؤلف بطريقة مختلفة بين حركة الدائرة ومماساتها

(اجراء العمل في التدوير)

اذا فرضنا ان مماس $س س$ لا يزال ثابتا وادركنا الدائرة فوجه بحيث
يكون كل جزء صغير من المحيط موضوعا على جزء آخر من المماس على التوالي
من غير ان يتقدم او يتأخر الى جهة الامام او الخلف فانه يحصل عندنا الحركة
التي يطلق عليها اسم التدوير وذلك من اعظم المهمات في الفنون

وفي هذه الحركة لا يزال مستقيم $س س$ مماسا للدائرة حيث انه بمس دائما
محيطها في نقطة واحدة فاذن يبقى مركز الدائرة بعيدا عن مستقيم $س س$
بمسافة مساوية لنصف قطر $ث ح$ وفي التدوير الكامل على خط
 $س س$ المستقيم يكون مركز الدائرة متحركا على مستقيم آخر مواز
لاستقامة $س س$ واذا كان هذا الخط المستقيم افقيا كان مركز الدائرة
تابعاً لخط افقي ايضا

فاذا دار كل خط منحني بهذه الكيفية على الخط المستقيم الافقي فان النقطة

المركزية او غير المركزية تصعد تارة وتهبط اخرى فاذن لا يكون للنقل الحاصل في هذا الخط الذي هو عجلة غير مستديرة انتظام ولا لطافة وهذا هو الحامل لنا على ان نجعل شكل الدائرة لسائر عجلات العربات المعدة لنقل ارباب السياحة والاشياء

(اجراء العملية في الحركات المتوازية)

يحصل لنا من خاصية الدائرة التي نحن بصدد مطابقة وجبة رسمها لتحرك نقطة بالتوازي على مستقيم معلوم ويكنى الصاق هذه النقطة بمركز الدائرة التي تدور حول مماسها الثابت

واذا مددنا خط $س هـ$ (شكل ٦) وجعلناه موازيا لخط $س ص$ بمسافة مساوية لنصف قطر $ح$ او قطر الدائرة الذي هو $ح ث$ فان $س هـ$ يمر حيثئذ بنقطة $خ$ التي هي نهاية قطر $ح خ$ ويكون مماسا للدائرة كخط $س ص$ واذا اردنا حيثئذ الدائرة على $س ح ص$ فانها لا تنقطع عن تماس $س هـ خ$ حيث ان مسافة المتوازيين واحدة

(اجراء العملية في تركيب الآلات)

متى اردنا ان نحرك بالتوازي مسطرة او بروزا مستقيما مع غاية الضبط على مستقيم معلوم فالتأناخذ حلقة او حلقات متساوية القطر ذات شكل مستدير مضبوط ونضعها بين المستقيم المجهول قاعدة والمسطرة او البرواز المراد تحركه فاذن لا يبقى علينا الا ان نجذب او ندفع مع مماسة الحلقات المسطرة او البرواز على حسب لوازم الآلات التي تكون المسطرة او البرواز جزءا منها

ولنبه على كثرة الطرق المتنوعة التي اخذت من علم الهندسة لتستعمل في القنون من اجل رسم الدائرة او عملها بواسطة الخطوط المستقيمة وعكسه اي رسم الخطوط المستقيمة او عملها بواسطة الدوائر ومن اجل تحصيل الحركات المستقيمة بواسطة الحركات المستديرة والحركات المستديرة بواسطة الحركات المستقيمة والتعويل على المدرسين في اظهار رسم هذه التطبيقات للتلامذة

وبعد مقابلة الدوائر بالخطوط المستقيمة ينبغي مقابلتها ببعضها
وذلك بان نفرض ان دائرتي \bar{A} و \bar{B} (شكل ٧) موضوعتان على
وجه بحيث يكون بعدهما مركزيهما وهو $\bar{A}\bar{B}$ يساوي $\bar{A}\bar{O} + \bar{B}\bar{O}$
الذين هما نصف قطرهما ومن البديهي ان نقطة \bar{O} تكون على المحيطين
معاً وزيادة على ذلك لا يمكن لنقطة اخرى كنقطة \bar{C} ان تكون على هذين
المحيطين معاً

ويتأعلى ذلك تكون الدائرتان مماسيتين لبعضهما

(اجراء العملية في نقل حركة مستديرة من محور الى آخر)

يمكن ادارة الدائرة الاولى (شكل ٧) بدون ان تنقطع عن مماسة الدائرة
الثانية المقروص ثباتها او تحركها والمقروص ايضا دورانها في جهة واحدة
كالاولى اوفي جهة مضادة لها بدون ان تنقطع الدائرتان في هذه الحركة عن
مماسة بعضهما وبدون ان تدخل احدهما في الثانية

ويستعمل غالباً في القنون هذه الخاصية الهندسية لتحريك دائرة بواسطة
دائرة اخرى اما بالنظر لجردهمحاكة المحيطات او بالنظر لامتلائها بالاسنان
التساوية في الغلظ الموضوعة على بعد واحد وحيث ينبغي ان يلاحظ انه
انما كانت احدي الدائرتين تدور من اليسار الى اليمين والاخرى من اليمين الى
اليسار فانهما يتحركان بالخلاف وقد يستدل على اختلاف الحركات بالاسم
كافي (شكل ٧)

فاذا كان هنالك ثلاث دوائر مماسة لبعضها مثل \bar{A} و \bar{B} و \bar{C}
(شكل ٧) بحيث تكون الاولى مديرة للثانية والثانية للثالثة وكان
دوران الثانية مخالفاً للاولى ودوران الثالثة مخالفاً للثانية فان الثالثة والاولى
يدوران في جهة واحدة واذا نيلزم ان يكون هنالك ثلاث دوائر مماسة لبعضها
ليتولد عنها في جهة واحدة حركة مستديرة من مركز الى آخر

(بيان السيور المحيطة بالدوائر)

اذا اردنا نقل حركة مستديرة الى مسافة كبيرة فانا عوضاً عن ان نستعمل

دوائر كبيرة او فضاء عدها نأخذ منها دائرتين ونجعل السير محيطيهما وهذا ما يمكن عمله وفيه حالتان الاولى أن يكون بدون تقاطع السيور كما في (شكل ٨) والثانية أن يكون مع تقاطعها كما في (شكل ٩) وتكون هذه السيور ممتدة بحيث يكون جزء \overline{AM} و \overline{CH} غير المماسين للدائرتين على مستقيم واحد ويمكن ادارة كل من هاتين الدائرتين بدون أن يتغير طول جزئ \overline{CH} و \overline{AB} المستديرين واتجاههما وكذلك طول جزئ \overline{AM} و \overline{CH} المستقيمين واتجاههما فعلى هذا اذا كان في مبداء الامر لصوق السير على المحيطات متينا جدا بحيث يتبع السير عند ادارة الدائرة حركة واحدة وينقلها الى الدائرة الاخرى وتنقل هذه الحركة من غير مشقة بطريقة واحدة عند ادارة الدائرة الاولى

فاذا امتد السير بكمية لا استعمال او بتغير حرارة الجو او رطوبته لزم استعمال دائرة ثالثة كدائرة \overline{D} (شكل ١٠) التي اذا نت جزئ \overline{CH} القائم فجعله بعد ذلك في وضع \overline{CH} و \overline{RH} بحيث يصير موترامع ماله من الامتداد ولا جل ذلك يكفي ان يكون تفاضل الطولين مستقيم \overline{CH} وجزئ \overline{CH} المنكسر مساويا لطول السير وكثيرا ما تستعمل هذه الطريقة في تركيب الآلات

وهناك اختلاف ينبغي الالتفات اليه في نوعي السيور المتقاطعة او غير المتقاطعة عند الانتقال من دائرة الى اخرى وهوان الدائرتين يدوران بواسطة السيور المتقاطعة (شكل ٩) في جهات متضادة مع انهما يدوران بواسطة السيور غير المتقاطعة (شكل ٨ و ١٠) في جهة واحدة وسيأتي في آخر هذه الدروس كثير من العمليات المقررة في شأن حركة الخطوط المستقيمة والدوائر المتلاصقة لاستكمال لوازم الفنون (بيان حركة دائرة في اخرى)

اذا قطعنا دائرة في سطح مستو فانه ينحصل لنا بالنظر الجزء المقطوع محيط حبة وبالنظر لما بقي من المستوى محيط محجوف فاذا ادونا الدائرة المقطوعة

حول مركزها كانت سائر نقط محيطها الملازمة لبعدها من المركز بمماسة
 دائما لنقطة من المحيط المجوف المقطوع في المستوى فاذن يكون المحيط
 المخدب عند دورانه مماسا دائما للمحيط المجوف في جميع نقطه
 ولا توجد هذه الخاصية الا في شكل الدائرة دون غيره وبالجمله فيوجد في كل
 شكل يمكن ادارته حول نقطة ما اجزاء من محيط الشكل البعيد كثيرا او قليلا من
 هذه النقطة وهذه الاجزاء التي تكون تارة خارجة من المحيط المجوف المقطوع
 على المستوى وتارة لاتصل اليه تتركز بينه وبينها فراغا
 وكذا اقتضى الحال ان نسمي مسافة مستويها جيدا وكان جزء من هذا المستوى
 دائرة على نفسه ينبغي ان نجعل هذا الجزء على شكل الدائرة وهذا هو السبب
 في جعل سدادات الخنفيات والقوارير والقماقم على شكل مستدير
 (اجراء العملية في اللعب البخارية)

تستعمل الخاصية الموجودة في الدائرة استعمالا جيدا في تركيب الآلات
 البخارية وهي انها تدور على نفسها بدون ان تنقطع نقطة من قطرها عن
 من المحيط المجوف المشتمل عليها ونشرح لك هذا الاستعمال عند ذكر
 اللعب البخارية المستديرة

(تقسيم الدائرة وتطبيقها على قياس الزوايا)

ينبغي لنا معرفة قاعدة ضرورية قبل توضيح هذه القسمة

وهي انه اذا \overline{AB} قوسا الدائرة اللذان هما \overline{AM} و \overline{DN}
 (شكل ١١) متساويين فان وترى هذين القوسين وهما \overline{AB} و \overline{DN}
 يكونان متساويين وكذلك اذا كان وتر \overline{AB} و \overline{DN} (شكل ١١)
 متساويين ووضعنا الوتر الثاني على الاول فان قوسى \overline{AM} و \overline{DN}
 ينطبقان على بعضهما ويصيران متساويين فاذن اذا رسمنا في دائرة ما
 عدة اوتار متساوية مثل \overline{AB} و \overline{BC} و \overline{CD} و \overline{DE}
 (شكل ١٢) فان الاقواس المطابقة لها تكون متساوية ايضا وبناء على
 ذلك نقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية بقدر ما يمكن رسمه من الاوتار

* (بيان الطريق السهلة التي يمكن استعمالها في تقسيم الدائرة وهي) *

اولا لاجل تقسيم الدائرة الى قسمين متساويين يكفي ان نعلم من المركز قطر

أ ب (شكل ١٣)

ثانيا لاجل قسمها الى ثلاثة اجزاء متساوية ينبغي ان قسمها الى ستة

اجزاء ونعتبر كل جرتين منها بمنزلة جزء واحد (شكل ١٥)

ثالثا لاجل قسمها الى اربعة اجزاء متساوية يلزم ان نعلم قطرها ثانيا كقطر

د ه (شكل ١٣) عمودا على قطر أ ب الاول

رابعا لاجل قسمها الى خمسة اجزاء متساوية (شكل ١٤) نبتدئ

بقسمة المحيط الى عشرة اجزاء متساوية ثم نعتبر كل جرتين منها بمنزلة جزء واحد

كفا في الطريقة الثانية

خامسا لاجل قسمها الى ستة اجزاء متساوية (شكل ١٥) يلزم ان

نجعل نصف قطر الدائرة وتر الكل جزء

وانلحظ العمودي الممتد من منتصف كل وتر القاسم للقوس المحصورة الى

قسمين متساويين ينشأ عنه طريقة تقسيم محيط الدائرة الى ثمانية اجزاء

متساوية (شكل ١٣) وذلك اذا اعتبرنا القسمة رباعية متساوية

الاجزاء وينشأ عنه ايضا تقسيم المحيط المذكور الى اثني عشر جزءا

(شكل ١٥) اذا اعتبرنا القسمة سداسية متساوية الاجزاء

والجزء الخامس عشر من المحيط يساوي السدس ناقص للعشر

وحيث كان من شأن هذه العمليات البسيطة انها توجد دائما في رسم الآلات

ومحصولات الصانع وتوجب على ارباب الحرف التعرف عليها

وبعد ذكر القواعد الصعبة الناشئة عن علم الهندسة ينبغي لنا ان نذكر قاعدة

قريبة من تلك القواعد يمكن استعمالها في كثير من الصور

وحاصلها انه حيث كان نصف قطر الدائرة مساويا ١٠٠٠٠ كان طول

كل وتر حاصر لجزء من المحيط مساويا للاعداد الموجودة في هذا الجدول بقطع

	النظر عن كسور الاحاد
٢٠٠٠٠	وتر نصف المحيط
١٧٢٣٢	وتر ثلثه
١٤١٤٥	وتر رבעه
١١٧٤٦	وتر خمسة
١٠٠٠٠	وتر سدسه
٨٦٧٢	وتر سبعة
٧٦٥٤	وتر ثمنه
٦٨٤٠	وتر تسعة
٦١٨٠	وتر عشرة
٥٥٢٤	وتر الجزء الحادى عشر
٥٥٧٦	وتر الجزء الثانى عشر

وبهذا الجدول الصغير يسهل علينا ايجاد اقتراج البيكار الا لازم لقسمة الدائرة الى هذه اجزا متساوية بقدر ما يراد من ابتداء انقصف الى الجزء الثانى عشر

ثم يحصل لنا قورا بواسطة الطريقة التى ذكرناها آتقا لاختلاف نصف القوس اقتراج البيكار الذى يطابق

١٤ و ١٦ و ١٨ و ٢٠ و ٢٢ و ٢٤ و ٢٨ الخ اضعف
٧ و ٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ١٤ الخ

وبعد ان بينا الطريقة السهلة لقسمة القوس الى جزئين متساويين بمشئامدة طويله عن قاعدة هندسية متينة قسم بها هذا القوس الى ثلاثة اجزاء متساوية فلم نعتربها

(بيان استعمال اقواس الدائرة فى قياس الزوايا)

حيث كانت الزوايا قابلة للزيادة والنقصان امكن جعل احداها وحدة المقياس والاستدلال على سائر الزوايا الاخرى باقامة الدالة على عدد المرات التى تحتوى عليها

هذه الزاوية واقسامها (راجع الدرس الاول)

وعوضا عن جعل زاوية أ ب ث (شكل ١٦) وحدة المقياس
استحسن اخذ قوس أ ب الواقع بين ضلعي الزاوية والمرسوم من نقطة
 ث المركزية

وما يسهل علينا مشاهدته اننا اذا رسمنا عدة انصاف اقواس مثل أ ب
و أ ب و أ ب و أ ب و أ ب على ابعاد بحيث تكون فيها زوايا
 أ ب ث و أ ب ث و أ ب ث متساوية امكن وضع هذه
الزوايا على بعضها فاذن تصكوّن اقواس أ ب و أ ب و أ ب
المنطبقة انطباقا كلييا على بعضها متساوية

فاذا اخذنا اثنين او ثلاثة او اربعة من الزوايا المتساوية للاحد لتوالت منها
زاوية واحدة فانه يلزم ان تأخذ ايضا مرتين او ثلاثا او اربعا القوس المطابق
لاجل تحصيل القوس المظروفي في الزاوية الجديدة وبناحلي ذلك يكون هذا
العدد دالا على عدد مرات احتواء هذه الزاوية الجديدة على وحدة مقياس
الزوايا ويدل ايضا على عدد مرات احتواء القوس المطابق لهذه الزاوية الجديدة
على وحدة مقياس الاقواس

ويمكن بدون تغيير هذه الاعداد ان تأخذ قياس الزوايا والاقواس على حسب
ما يراودنا استحسن في ذلك استعمال الاقواس وهالكيفية العملية
وهي ان تقسم الدائرة الى اربعة اجزاء متساوية فينشأ عنها اربعة ارباع من
الحيط نستعمل قياس الزوايا الاربعة القائمة التي تشتمل على سائر المسافات
الموجودة حول نقطة ث المركزية

ثم تقسم كل ربع الى تسعين جزءا متساوية تسمى بالدراجات

فاذن يكون محيط الدائرة محتويا على ٩٠ اربع مرات او على ٣٦٠
درجة ويظهر ان هذه القسمة غير مستحسنة بالنظر للطريقة الاولى بل لا علاقة
بينها وبين القسمة على ١٠٠ او ١٠٠٠٠ الخ ومع ذلك فيترتب عليها

فوا تذكيرة منها انهما تنقسم المحيط الى اجزاء متساوية يستدل عليها باعداد
محصية ولا يرى ان نصف المحيط يساوى ١٨٠ درجة والثالث

والربع والخمس والستون والسبعون والثمانون والتسعون
٩٠ ٧٥ ٦٠ ٤٥ ٣٠ ١٥

والجزء الثاني عشر والخامس عشر والعشرون والرابع والعشرون
٣٠ ٢٤ ١٨ ١٥

والثلاثون والسادس والثلاثون الخ من درجات المحيط

ولاجل قياس الاجزاء التي هي اقل من درجة تنقسم الدرجة الى ٦٠ جزءا
متساوية تسمى بالدقائق

ولاجل الاكتفاء باقيسة دقيقة تنقسم الدقيقة الى ٦٠ ثانية والثانية الى
٦٠ ثالثة والثالثة الى ٦٠ رابعة وهلم جرا

ويحتوى محيط الدائرة على ٢١٦٠٠ دقيقة او على ١٢٩٦٠٠٠
ثانية او على ٧٧٧٦٠٠٠٠ ثالثة او على ٤٦٦٥٦٠٠٠٠٠ رابعة

وحينئذ لا تكون الثانية جزءا من مليون من المحيط وكذلك الرابعة لا تكون ربع
جزء من ألف من المحيط

* (اجراء العملية في علم الجغرافيا) *

قد استعمل الجغرافيون في اخذ مساحة الارض عملية تقسيم الدائرة الى
درجات ودقائق وثوان وهلم جرا

فرا وان الخطوط المرسومة من الشمال الى الجنوب وكذلك الخطوط المرسومة
من المشرق الى المغرب تقرب من الدوائر بقرى باجيدا وقد سموا هذه الدوائر الى
درجات ودقائق وثوان وثوان وهلم جرا

وهالسيان طول هذا الاجزاء بالنظر لتقسيم الدائرة القديم
مقدار محيط الارض المقاس على خط نصف

مرا ٤٠٠٠٠٠

التهار

الدرجة الواحدة تساوي	١١١ ١١١	مترا
الدقيقة الواحدة تساوي	١٨٥٢	مترا
الثانية الواحدة تساوي	٣٠٨	امتار
الثالثة الواحدة تساوي	$\frac{1}{6}$	مترو بعض شئ

واما على المذهب الجديد فتكون الدرجة جزءاً من مائة من ربع المحيط والدقيقة جزءاً من مائة من الدرجة والثانية جزءاً من مائة من الدقيقة وهم جوا وعلى ذلك تكون هذه الاجزاء بالنظر الى دائرة خط نصف النهار الارضى هكذا

الدرجة الواحدة تساوي	١٠٠٠٠٠	مترا
الدقيقة الواحدة تساوي	١٠٠٠	مترا
الثانية الواحدة تساوي	١٠٠	امتار
الثالثة الواحدة تساوي	١	دسيتر
الرابعة الواحدة تساوي	١	مليتر

(بيان تقسيم الدائرة المستعمل في تركيب الآلات)*

تقسيم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية من العمليات الضرورية في كثير من الفنون لاسيما في صناعة الآلات كرسم الطارات المضرة اللازمة للتعشق والاسطوانات المعدة للغزل الميكانيكي كالقطن والكتان والتيل ونحو ذلك وبقدر الاعتناء باجراء هذه العمليات قلّة وكثرة تختلف بسهولة الحركات المتولدة من التعشق وصعوبتها فلا بد من الضبط الهندسي لانه لا يمكن مجانبية ضعف القوة ووقوفها وانعدامها الا به حيث ان ذلك كله لا يحدث الا عن عدم انتظام حركة الآلات وعدم صحتها

ومن المهم كون ارباب الصنائع لا يستعملون الطارات المضرة والاسطوانات المحوقة بدون ان يعرفوا هل هذه الانحراس والتجويفات تقسم محيط الدائرة الى اجزاء متساوية مشاهدة ام لا ومعرفة ذلك هي التي تكسب صانعي الآلات قوة في طرق صناعاتهم وقد حصل للصناعة القرنساقوية

في ذلك وفر عظيم من القوى المنقولة حتى بلغت محمولاتها أقصى الدرجات
وهذان كانت محتاجة الى اتقان الصناعة

(بيان الآلات المعدة لقياس الزوايا)

يستعمل لقياس الزوايا مدة من الآلات التي تكون في الدائرة منقسمة الى
درجات و اجزاء درجات خها المنة له وهي اسمها واكثر استعمالا
وهي نصف دائرة من النحاس وانعاج محيطها مدرج فان كانت من النحاس
كان جزء م د ح ث (شكل ١٧) نظاما رائنا وكان مركز ث
معينا بقطعة صغيرة وفيها ايضا دعتان صغيرتان وهما م و ح يبينان
نقطتين اخريين من قطر م ث ح المرسوم على المستوى المنخفض اخفا محكما
بواسطة جانب م ث ح من الجزء المستقيم الدال على القطر وان كانت
الآلة المذكورة من العاج فلا تحتاج للقطع المذكورة لان الرسم يظهر من
تحكمها وهذا من الفوائد العظيمة

وتستعمل الآلة المذكورة لاخذ انحراف اي زاوية كانت كزاوية
س و ص ونقله الى وضع اخر

واذا اريد رسم مستقيم مثل س ا ص المار بنقطة ا المفروضة الذي
حدث منه ومن مستقيم ه ب د المعلوم زاوية مشتملة على عدة درجات
مثل ا ب ا فنانضع المنقلة بالتوازي جهة نقطة ا بشرط ان يكون
مركز ث دائما على ه د وكذلك نقطة د الدالة على عدد درجات
زاوية ا ث ب ومتى اتصل خط م ر ن الذي هو قاعدة المنقلة
الموازية لقطر م د بنقطة ا فان هذا الخط يستعمل مسطرة لرسم
خط س ص المطلوب حيث ان لهذه القاعدة حكما ظاهرا

(الغرافومتر)

هي آلة عند المساحين مضاهية للمنقلة ومؤلفة مثلها من نصف محيط
مقسوم الى عدة درجات غيراتها اكبر منها وهي موضوعة على رجل لها

ثلاثة فروع وعلى اطراف نصف محيطها المدرج الواح صغيرة من النحاس
وفى اقتراج مستقيم عمودى على مستوى الدائرة بواسطة لافراجين الذين
يطلق عليهما اسم العيون عند الوقوف خلف احدهما والنظر الى الآخر
والفرافومتر الى ان تصير في الاتجاه الصحيح لغرض معلوم والقطر المتحرك حول
المركزة ايضا عينان فتدبر من النقطة التى اذا نظرتا فيها بواسطة الانتراجين
تجد غرضا ثانيا فهذا يظهر لنا قياس الزاوية المؤلفة من خطين مستقيمين
مارين بمركز الفرافومتر وبغرضين محدودين كل على حده وتجد فوق مدرجات
الآلة الدرجات التى تقبل القطر بين وهذا العدد هو مقدار الزاوية
المطلوبة

وهناك آلات اخرى صالحة لقياس الزوايا غير انها ليست الاربع الدائرة
المدرجة وهى التى يطلق عليها اسم الآلات المربعة واخرى ليست الاسدس
وهى التى يطلق عليها اسم الآلات المستحسة واخرى ليست الا الثمن وهى التى
يطلق عليها اسم الآلات الثمينة وتستعمل جميع هذه الآلات في عمليات علم
الجغرافيا اى مساحة الارض وفي عمليات الملاحة لاجل قياس الوضع
الخصوصى للجسام الارضية والكواكب عند ركوب البحر
ويستعمل لذلك الدوائر الكاملة التى تسمى باسم الدوائر المكررة لانه يكرر فيها
المجوفات بحيث ان الغلطات المتنوعة التى يمكن حصولها في العمليات
المختلفة يمكن اصلاح بعضها قبل مجموعها

وبقطع النظر عن العيوب اللازمة لتركيب هذه الآلات يوجد فيها غلط اصلى
من حيث عدم تساوى تقسيمات الدائرة لانه لا يمكن ليد الانسان ان تصل
الى هذه التقسيمات كما يتصورها عقل المهندس اعنى مع الدقة الحقيقية بل
انه يتقص الغلطات الخفية بان يبحث عن معرفتها بواسطة الآلات التى تجعل
الغلطات البسيطة محسوسة ظاهرة

(بيان الآلات المعدة لتقسيم الدوائر)

قد صنعوا آلات معدة لتقسيم الدوائر مع غاية السرعة والضبط وكيفيتها

انهم رمعون على لوح مثلاً كثيراً من الدوائر المحفة المركز ولاجل الانتقال من الدائرة الصغرى الى الدائرة الكبرى يسمون بالقوى الاولى الى ثلاثة اجزاء متساوية والثانية الى اربعة والثالثة الى خمسة والرابعة الى ستة والخامسة الى سبعة وعلم برا

وين في مزيد التدقيق والاهتمام في القصة الاولى واختبارها عدة مرات بواسطة احدى القواعد التي ذكرناها آنفاً

فاذا فرضنا الآن ان المطلوب تقسيم دائرة اخرى او جزء دائرة الى اجزاء متساوية فانه ينبغي وضع هذه الدائرة الجديدة على وجه بحيث يكون مركزها على محور واحد مع جميع الدوائر المدرجة (وفي هذه الحالة ينبغي للمعلم ان يرسم الا لمتع مشاهدة الالة المعدة للتقسيم)

ولا تكون هذه العملية مضبوطة الا اذا كان مركز القطعة المراد تقسيمها بالدرج موضوعاً على المركز المشترك بين الدوائر المدرجة قبل ذلك وقد عرف مسبقاً الصانع الشهير الفرنسي بواسطة الاستعمال السهل للمتوازيات طريقة تدارك الضرر وتقسيم المحيط الذي ليس متحد المركز مع اللوح المقسوم سابقاً مع غاية الضبط

ولنفرض ان **ا ث ب** هي القطعة التي يراد عليها رسم قوس الدائرة الذي هو **ا ب** المنقسم الى درجات موازية بالكلية لدرجات اللوح وان

مستطيل **ش م ن ح خ** القائم الزوايا يكون موضوعاً على وجه بحيث يكون ضلعاه **الذان هما ش م و ح خ** متجهين دائماً جهة

مركز **ث** من قطعة **ا ث ب** المراد تقسيمها ولا يكون هذان الضلعان متحركين الا بالتوازي لموضعهما الاولي وحين يدور اللوح بكمية

ككمية **٥٠** درجة فان ضلع **و ث** يتحول الى **و ش** ا وضلع **ش ب**

يتحول الى **ش ر** وتكون زاوية **ا ش ر** مساوية **٥٠** درجة لكن في هذا التحويل لا يوجد تغير في اتجاه مستطيل **ش م و ح خ** التحول

في هذه الحركة ويكون خط $ح$ دائما على مستقيم واحد مع مركز القوس
وهو $ش$ فينج اذن صورتان اولاد $ال$ $خ$ يعين على قطعة
 $ا ب$ عدة نقط متساوية البعد من نقطة $ث$ المركزية اعني قوس
الدائرة التي مركزها $ث$ فانما اذا دار السطح درجة واحدة فان $ال$ $خ$
يسير ايضا درجة واحدة على القطعة المراد قسمتها
(الدرس الرابع)
في بيان الاشكال المتنوعة التي يمكن جعلها المحصولات الصناعة بواسطة الخط
المستقيم والدائرة

قد وجد في الاشكال المستوية بخطوط مستقيمة اشكال منتظمة وغير
منتظمة وبسيطة ومعقدة ولنقتصر على تعريف الاشكال المستعملة كثيرا
عند ارباب القنون فنقول
لا يمكن ان الخطين المستقيمين المتوازيين او غير المتوازيين يعلان بالكلية
مسافة

واقل ما يلزم لتحصيل هذه النتيجة ثلاثة خطوط غير متوازية
ويطلق اسم المثلث المستوي على السطح المملوء بثلاثة خطوط مستقيمة ولا بد
ان يميز في كل مثلث $ا ب ث$ (شكل ١) اضلاعه الثلاثة
التي هي $ا ب$ و $ب ث$ و $ث ا$ وزواياه الثلاثة ورؤوسها الثلاثة
التي هي $ا$ و $ب$ و $ث$
وفي زوايا كل مثلث خاصية شهيرة للقنون وهي ان مجموعها يساوي دائما
زاويتين قائمتين اي ما كان عظم المثلث وشكله

ولاجل البرهنة على ذلك (شكل ٢) نمد ضلع $ا ب$ الى $ب ه$
ونجعل $ب د$ موازيا لخط $ا ث$ وحيث كان متوازيا لـ $ا ث$
و $ب د$ مقطوعين بمستقيمي $ا ب ه$ و $ب ث$ فنصل معنا اولاً
ان زاوية $ث ا ب$ تكون مساوية لزاوية $د ب ه$ ثانياً ان زاوية

١ أ ب ث تكون مساوية لزاوية ب د فإذا كان مجموع
أ ب و ب ث و ب د هي زوايا مثلث أ ب د الثلاثة مساوية
 لمجموع زوايا أ ب ث و ب د و د ب ه الثلاثة التي
 تشغل جميع المسافة من جهة مستقيم أ ب ه بمعنى أنه يساوي زاويتين
 قائمتين

ومن الآن فصاعدا متى أسكن معرفة زاويتين من المثلث أمكن معرفة الثالثة
 ويمكن لذلك الجمع والطرح

ولنفرض مثلاً أن مقدار إحدى هاتين الزاويتين $\frac{90}{37}$ والآخرى $\frac{90}{29}$
 فإذا اخفنا ٤٩ الى ٣٧ كان مجموعهما ٨٦ درجة فإذا طرحنا
 هذا المجموع من زاويتين قائمتين أو من $\frac{180}{18}$ كان الباقي ٩٤ درجة
 فإذا تكون الزاوية الثالثة مساوية ٩٤ درجة

وحيث أن مجموع ثلاث زوايا كل مثلث يساوي زاويتين قائمتين ينبغي أن
 إحدى الزوايا تساوي صفراً أعني أنها تكون معدومة بالكلية حتى يصير
 الزاويتان الآخران قائمتين فإذا لا يكون المثلث محتوياً إلا على
 زاوية قائمة

ومن باب أولى لا يكون في مثلث أ ب ث (شكل ١) الزاوية
 منفرجة كزاوية أ أعني أنها أكبر من زاوية قائمة وهذا ما يسمى بالمثلث
 المنفرج الزاوية

ويمكن أن تكون زوايا مثلث أ ب ث الثلاثة حادة (شكل ٢)
 فيطلق عليه اسم مثلث حاد الزوايا

ومثلث أ ب ث قائم الزاوية (شكل ٢٣) هو الذي يحتوي على زاوية قائمة
 مثل ب ووتر الزاوية القائمة الذي هو أ ب هو الضلع الأكبر المقابل
 لهذه الزاوية

ولتقابل الآن أضلاع المثلث ببعضها فنقول

حيث ان الخط المستقيم هو اقصر بعد يصل بين نقطتين تحصل لنا من ذلك انه في كل مثلث يكون الضلع الواحد اصغر من مجموع الضلعين الاخرين .

والضلع الاكبر هو \overline{AB} من ضلعي المثلث اللذين هما \overline{AB} و \overline{AC} هو المقابل للزاوية الكبرى وهي $\angle B$ من هذا المثلث (شكل ١)

ولذا نأخذ $\overline{AB} = \overline{AC}$ و $\angle A = \angle B$ ثم نعد \overline{BC}

و $\angle C$ فتكون زوايا \overline{AB} و \overline{AC} و $\angle B$ و $\angle C$

و $\angle A$ متساوية وزيادة على ذلك تكون زاوية \overline{AB} و $\angle C$ اكبر

من زاوية \overline{AB} و زاوية $\angle B$ اصغر من زاوية $\angle A$

فاذن تكون زاوية $\angle A$ اكبر من زاوية $\angle B$

(شكل ٣) المثلث المتساوي الاضلاع هو ما كانت اضلاعه الثلاثة متساوية

كذلك $\angle A$

(شكل ٤) المثلث المتساوي الساقين هو ما كان فيه ضلعان متساويان فقط

كذلك $\angle A$

فاذا اعتبرنا ضلعي \overline{AB} و \overline{AC} المتساويين (شكل ٥) متساويين

بالنسبة للقاعدة \overline{BC} فان عود \overline{AD} يقع على منتصف هذه القاعدة

ويقسم المثلث الى جزئين متساويين ويكون تماثلهما مثبتا لتعريف انتظام

المثلث المتساوي الساقين

ولاجل تكميل قوانين التماثل يسقف البناون اغلب البيوت والعمارات العامة

بسطح جانبيه مثلث متساوي الساقين وقد كان هذا المثلث منفرج الزاوية

في هياكل اليونان القديمة وفي بيوت ايطاليا (شكل ٥) وحدا الزوايا

في صفوف النواويس والعمارات القوطية القديمة (شكل ٦)

واذا اريد رفع الاسحال يستعمل لذلك آلة تسمى بالمف اي آلة الجدي (شكل ٧)

وهي م ك ب م ن قطع في خشب متصدي الطول ومتصلتين من احد طرفيهما في نقطة ث ومنفصلتين من الطرف الاخر بمارضة ا ب وبمراحيل المستعمل لرفع حمل د يكرة ثابتة في نقطة ث ويكون مثلث ا ب ث المدلول عليه بالة الجدي متماثلا اي متساوي الساقين فاذن يكون العمود النازل من نقطة ث على قاعدة ا ب قاسما لتلك القاعدة الى قسمين متساويين ويحتاج غالبا في القنون الى رسم مثلث يعلم منه بعض اجزاء وهالك كيفية العمل

اولا اذ اعرفنا ثلاثة اضلاع يعبر عنها برقم ١ و ٢ و ٣ (شكل ٩) فالتابدا برسم خط مستقيم كخط ا ب مساو لاضلع ٣ في الوضع الذي ينبغي فيه رسم المثلث ثم رسم من نقطة ا المعتبرة مركزا بواسطة اقتراج ييكار مساو لاضلع ٢ قوس الدائرة الذي هو م ث ورسم من نقطة ب المعتبرة مركزا ايضا بواسطة اقتراج ييكار يساوي ضلع ١ قوس الدائرة الذي هو ح ث ثم نعد من نقطة ث التي ينقطع فيها القوسان مستقيمي ث ا و ث ب فيكون ا ب ث هو المثلث المطلوب

ثانيا متى علم ضلعان كضلعي ١ و ٢ وزاوية ا (شكل ١٠) فالتابدا برسم خط ا ب المساوي لاضلع ٢ في وضع لائق ثم نرسم بالة معدة لقياس الزوايا (كالمنقلة والبيكار وغيرهما) خط ا ث بشرط ان تكون زاوية ب ا ث مساوية لزاوية ا وبجعل ا ث مساويا لـ ا ب بالجله اذا مددنا مستقيمي ب ث حدث المثلث المطلوب

ثالثا متى علم ضلع ١ وزاويتا ا و ب اللتان رأسهما في نهايتي هذا الضلع (شكل ١١) واريد رسم المثلث فالتابدا برسم خط ا ب مساويا

١ ثم ر - م على التوالي بواسطة آلة معدة لنقل الزوايا مستقيماً ا ب ث
و ب ث المذنبين يحدث منهما مع خط ا ب زاويتا ا و -
فاذن يكون ا ب ث هو المثلث المطلوب

وحيث كانت هذه العمليات وجيزة بالكلية وجب على المدرسين تكرارها
في اغلب الاوقات للطلبة بواسطة المسطرة والبيكار

وقد ذكرنا اننا لرسم المثلث ثلاث صور اولا بفرض ثلاثة اضلاع معلومة
ثانياً بفرض ضلعين والزاوية الواقعة بينهما ثالثاً بفرض زاويتين والضلع
المختصر بين رأسيهما وقد وجدنا هذه القروضات كافية في كل صورة

فاذن ينتج اولا انه اذا تساوت اضلاع المثلثين متشابهة متشابهة كان هذان المثلثان
متساويين وهذا هو المثلث المرسوم بواسطة القروضات في مواضع
مختلفة

ثانياً اذا كان ضلعان من اضلاع المثلثين والزاوية الواقعة بينهما متساوية
في المثلثين المذكورين من كلتا الجهتين كان المثلثان متساويين

ثالثاً اذا كانت زاويتان من زوايا المثلثين والضلع الواقع بينهما متساوية من
كلتا الجهتين فان المثلثين يكونان متساويين

فاذن (شكل ٨) اذا كان مثلثا ا ب ث و ا ب ث متساويين
تقول

اذا فرضنا في النتيجة الاولى ان ا ب يساوي ا ب و ب ث يساوي

ب ث و ا ب يساوي ا ب وفي الثانية ان ا ب يساوي ا ب

و ب ث يساوي ب ث وزاوية ب تساوي زاوية ب وكان

كل من زاويتي ب و ب مختصرين ا ب و ب ث و ا ب

و ب ث وفي الثالثة ان ا ب يساوي ا ب وزاوية ا تساوي

زاوية ا وزاوية ب تساوي زاوية ب فان ذلك يستلزم ما يأتي

وهو ان ايهامه الصانع يذكرون دائما هذه الشروط الثلاثة الخاصة بتساوي
المثلثات ويستعمل هذا التساوي بكثرة في عمليات الصناعة وفي براهن الهندسة
والميكانيكة

فاذا اقتد احد الشروط الثلاثة التي يقتضاها يكون المثلثان متساويين لم يمكن
تساوي هذين المثلثين حيث ان في احدهما زاوية او ضلعا لساوي له في
المثلث الاخر ويجب علينا اذا اردنا ممارسة القنون بطريقة واضحة ان نعرف
بإشارات سهلة الشروط اللازمة لكل عملية وبهذه الشروط لا يحصل الغلط
في العملية بل يكون وجودها دليلا على صحة تلك العملية

(بيان الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة)

هناك اشكال مثل $ABCD$ (شكل ١٢) مغلوقة غلقا محكما
بواسطة اربعة خطوط مستقيمة لها اربع زوايا واربعة رؤوس مثل A و B
و C و D

ويطلق اسم قطري الشكل على خطي AC و BD المستقيمين اللذين
يصلان رؤوس الزوايا المتقابلة ببعضها

والاشكال التي لها اربعة اضلاع تختلف في الانتظام

فشيبه منحرف $ABCD$ (شكل ١٣) هو شكل له اربعة اضلاع
اثنان منها متوازيان كضلعي AB و CD

وقد يكون شيبه المنحرف مستطيلا (شكل ١٤) اذا كان الضلع الثالث
الذي هو BC عمودا على ضلعي AB و CD المتوازيين

ويكون شيبه منحرف $ABCD$ (شكل ١٥) متماثلا اذا كان
ضلعا AD و BC غير المتوازيين مائلين على حد سواء بالنسبة
للضلعين الاخرين

ويتركب السطح بالنظر لبعض العمارات المنتظمة من مثلث متساوي

السابقين كثلث م د ث (شكل ١٥) في الجزء الاعلا من هذا
السطح ومن شبيهه منحرف متماثل مثل ا ب ث د في الجزء الاسفل منه
وهذا ما يسمى بالقرنساوية مناسرد اخذ من اسم مناسرد البناء
المخترع لهذا السطح ويكون منتصب م م ه ف خط تماثل المثلث وشبيه
المنحرف المذكورين

ومتوازي الاضلاع (شكل ١٦) هو ما كانت اضلاعه الاربعة موازية
لبعضها اثنين اثنين

(بيان اجراء العمليات)

متوازي الاضلاع هو الذي يستعمل دائما في الفنون وبكثرة في تركيب
الآلات لتحصيل ما يطلق عليه اسم الحركة المتوازية

وعلى حسب خواص المتوازيات التي ذكرناها في الدرس الثاني تكون زوايا

متوازي الاضلاع المتقابلة اعني زاويتي ا و ث من جهة وزاويتي
د و ب من جهة اخرى متساوية ويكون اثنان منها حادثين
واثنان منفرجين وزيادة على ذلك اذا أضفنا زاوية حادة الى زاوية منفرجة
كان مجموعهما مساويا لزاويتي قائمتين

وبناء على ذلك اذا مددنا الى ث ه (شكل ١٦) ضلع د ث وكان
مستقيما ا د و ب ث متوازيين فان زاوية ا د ث تكون
مساوية لزاوية ب ث ه وزاويتي د ث ب و ب ث ه
يساويان زاويتي قائمتين

وحيث اثبتنا (في الدرس الثاني) ان المتوازيين المنحصرين بين متوازيين
آخرين متساويان ينتج من ذلك ان اضلاع متوازي الاضلاع المتقابلة تكون

متساوية فاذا ن ا ب يساوي ث د و ا د يساوي ب ث
ونقطة و التي يتلاقى فيها قطرا الشكل موجودة في منتصف كل

منها

وبيانه ان يقال حيث ان اوت و دوب (شكل ١٦) هما
قطرا الشكل يكون مثلثا ابو و دشو متساويين وذلك
لانه اولا اب = دث * ثانيا زاوية ودث = زاوية
وبا * ثالثا زاوية وشد = زاوية واب على حسب
خواص المتوازيات فاذن وب = ود و وا = وث

واكبر قطري الشكل اللذين هما اث و بد (شكل ١٧) هو
ما كان مقابلا زاويتي ب و د اكبرين وهو اث كما سبق
وبيانه اتنا اذا رسمنا خطي د ه و ث ف عمودين على ضلعي اب
و ثد فان هذين العمودين يكونان متساويين ولكن ه ب اصغر
من اف فاذن يكون دب اقصر من ماثل اب

ويطلق اسم المعين على متوازي اضلاع اب ثد (شكل ١٨) الذي
اضلاعه الاربعة متساوية وهذا الشكل ظريف بسبب انتظامه وهو كثير
الاستعمال في فنون الزينة

فاذا كان ضلعان من متوازي الاضلاع على شكل زاوية قائمة فان اضلاعه
الاربعة تكون كذلك

وبيان ذلك انه اذا كانت زاوية ا (شكل ١٩) قائمة في متوازي
اضلاع اب ثد كان ضلع اد عمودا على ضلع اب وكذلك
بث بالنسبة لضلع اب وكانت زاويتي ا و ب قائمتين
وكذلك زاويتي د و ث المساويتان لهما

وفي هذه الحالة يطلق على الشكل اسم المستطيل (شكل ١٩) وهو الذي
يكون فيه ايضا اث و بد اللذان هما قطرا الشكل متساويين

ولاجل البرهنة على ذلك يكفي ان نلاحظ ان مثلثي $\triangle ABC$ و $\triangle DAB$ القائمي الزوايا متساويان * اولا لان زاوية $\angle C$ القائمة تساوي زاوية $\angle A$ القائمة * ثانيا لان ضلع \overline{AC} مشترك بين المثلثين فيكون متساويا بالنظر لكل منهما * ثالثا لان ضلع \overline{BC} من زاوية $\angle C$ في المثلث الاول يساوي ضلع \overline{AB} من زاوية $\angle A$ في المثلث الثاني فاذن يكون ضلع \overline{AB} الثالث من زاوية $\angle C$ مساويا للضلع \overline{BD} الثالث من زاوية $\angle A$ وحيث ان \overline{AB} و \overline{BD} قطري الشكل

وتكون الاضلاع الاربعة من مربع $\triangle ABC$ (شكل ٢٠) متساوية وكذلك زواياه الاربعة

فاذا اختصرنا خواص الاشكال ذات الاضلاع الاربعة لزم ان نذكر الكيفيات الاتية التي ينبغي ان تكون راسخة في عقول الصانعية وهما
 بيانها

ففي المربع تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة وكذلك اضلاعه الاربعة تكون متساوية ويكون قطرها شكله متساويين ايضا

وفي المستطيل تكون الزوايا الاربعة متساوية وقائمة ويكون ضلعاه الطويلان متساويين وكذلك ضلعاه القصيران ويكون قطرها شكله متساويين ايضا

وفي المعين تكون اضلاعه الاربعة متساوية ويكون فيه زاويتان منفرجتان متساويتين وزاويتان حادتان متساويتين ايضا ويكون قطرها شكله غير متساويين

ويكون في متوازي الاضلاع ضلعان كبيران متساويين وزاويتان كبيرتان متساويتين وضلعان صغيران متساويين وزاويتان صغيرتان متساويتين ويكون قطرها شكله غير متساويين ويكونا كبيرا مقابل الزاويتين الكبيرتين واصغرها مقابل الزاويتين الصغيرتين

• (بيان تماثل الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة) •

اذنا فيناجرأ من هذه الاشكال على جزء آخر مساوية فالتاثير من اولا على ان شبيه المنصرف ذا الاضلاع المائلة المتساوية (شكل ١٥) يكون متماثلا بالنسبة لمستقيم $هـ$ فالاربعة متصف فاعدتيه وثانيا على ان المستطيل (شكل ١٩) يكون متماثلا بالنسبة لكل خط مستقيم عمده من منتصف الضلعين المتقابلين وثالثا على ان المعين (شكل ١٨) يكون متماثلا بالنسبة لاحد قطري شكله ورابعا على ان المربع (شكل ٢٠) يكون متماثلا بالنسبة لقطري شكله وبالنسبة لكل خط مستقيم ماربعتصف اضلاعه المتقابلة ولهذا التماثل الموجود في الاشكال ذوات الاضلاع الاربعة فائدة عظيمة في الفنون والميكانيكة

ومن المعلوم ان مجموع ثلاث زوايا من كل مثلث يساوي زاويتين قائمتين

وايضا كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل $ا ب ج د$ (شكل ١٢) يمكن تقسيمه الى مثلثين كمثلثي $ا ب ج$ و $ا ب د$ اللذين يكون مجموع الزوايا الثلاثة في كل منهما مساويا للزاويتين قائمتين وزيادة على ذلك يكون مجموع الزوايا الستة من هذين المثلثين مساويا لمجموع زوايا شكل $ا ب ج د$ الاربعة فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل ذي اربعة اضلاع مساويا لاثنتين من الزوايا مضروبتين في مثلها ما اعني اربع زوايا قائمة

واذا وجد شكل خماس مثل $ا ب ج د هـ$ (شكل ٢١) فانه يمكن ان نغذ من رأس $ا$ مستقيمي $ا ب$ و $ا د$ الى رأس $ب$ و $د$ وبهذا يتقسم الشكل الى ثلاث مثلثات يكون مجموع زواياها التسعة مساويا لمجموع خمس زوايا من شكل $ا ب ج د هـ$

فاذن يكون مجموع الزوايا من كل شكل خماس مساويا لثلاث زوايا مضروبة في اثنتين اي لست زوايا قائمة

فإذا تتبعنا هذه الطريقة وجدنا مجموع الزوايا بالنظر لكل شكل له من الاضلاع

٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ مساويا لمجموع

٢ و ٤ و ٦ و ٨ و ١٠ و ١٢ من الزوايا القائمة

* (بيان ما يتعلق بالدائرة والاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة) *

يمكن مرور اى دائرة بروس مثلث ABC (شكل ٢٢)

وكيفية ذلك ان نعلم M الذى هو منتصف AB خط M و E و D على

AB ومن D الذى هو منتصف BC خط D و E و D على

BC فتكون نقطة D التى يتلاقى فيها هذان العمودان على بعد واحد

من رؤس A و B و C الثلاثة فاذن تكون هذه النقطة مركز

الدائرة التى تمر بالنقط الثلاثة المذكورة

وكل مثلث رؤسه الثلاثة موضوعة على محيط الدائرة يسمى مثلثا مرسوما

فى داخل الدائرة

ومنى كان المثلث قائم الزاوية (شكل ٢٣) اعنى متى كان فيه زاوية قائمة

كزاوية B فان نقطة D التى هى مركز الدائرة المارة برؤس المثلث

الثلاثة تكون فى منتصف ضلع AC المقابل للزاوية القائمة وهذا الضلع

يسمى كما سبق بوتر الزاوية القائمة

وهذه الطريقة يسهل بها الوصول الى ايضاح هذه القاعدة

وهى انه فى مستطيل $ABCD$ (شكل ٢٥) يكون قطرا الشكل

متساويين وكذلك انصافهما المشار اليها بخطوط OA و OB

و OC و OD التى يمكن جعلها انصاف اقطار الدائرة فاذن يمكن دائما

رسم مستطيل فى داخل اى دائرة كانت (شكل ٢٥) وبناء على ذلك يمكن

ايضاح رسم اى مربع داخل دائرة كفى (شكل ٢٦)

واذا علم مثلث ABC القائم الزاوية (شكل ٢٥) ولريد رسم

مثلث Δ \overline{ABC} مساويا له ومنهما مستطيلا في الدائرة التي يكون مركزها
في منتصف \overline{AB} فاذن يكون قطر الدائرة المارة برؤس A و B
و C الثلاثة من مثلث \overline{ABC} القائم الزاوية وهي نقطة B
هو ضلع \overline{AB} الاكبر من هذا المثلث

وننتج من ذلك انه يمكن ان يكون كل شكل ذي اربعة اضلاع مثل \overline{ABCD}
(شكل ٢٤) الذي زاويتاه المتقابلتان وهما B و D قائمتان
مرسوما في الدائرة التي تمر برؤس هذا الشكل الاربعة

ومن المعلوم ان قطر \overline{AC} يقسم هذا الشكل الى مثلثين قائمي الزوايا
مرسومين في الدائرة التي قطرها \overline{AC}

واما الاشكال التي تكون اضلاعها اكثر من اربعة فانها تسمى باسمها تدل
على عدد زواياها و اضلاعها

مثلا للمضمن من الاضلاع والزوايا 5 والمسدس 6 والسبع 7 والثمان 8
وهلم جرا

والذي يستحق الذكر من الاشكال التي يطلق عليها اسم كثير الاضلاع (اعني
الاشكال التي لها عدة زوايا) هي الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة لانها
كثيرة الاستعمال مع الاهتمام في الصناعة

والاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة هي التي تكون جميع اضلاعها وزواياها
متساوية

فعلى هذا التعريف اذا وجدنا نقطة \equiv كنقطة \overline{O} على بعد واحد من
 A و B و C التي هي رؤس كثير الاضلاع المنتظم وهو
 \overline{ABCD} فقول انها تكون ايضا على بعد واحد من سائر
الرؤس الاخر فاذن ينتج ان $\overline{OA} = \overline{OB} = \overline{OC} = \overline{OD}$ وهلم جرا

ويبان ذلك ان مثلثي $\overline{اوب}$ و $\overline{بوث}$ المتساويين السابقين
متساويان حيث ان قاعدتيهما المشار اليهما بخطي $\overline{اب}$ و $\overline{بث}$
متساويان وكذلك اضلاعهما المتماثلة المشار اليها بخطوط $\overline{وا}$ و $\overline{وب}$
و $\overline{وث}$ فتكون الزوايا المتماثلة مساوية $\frac{1}{2}$ $\overline{ب}$ حيث ان مجموع
الزاويتين المتوسطتين يساوي زاوية $\overline{ب}$ ويكون مثلث $\overline{وثد}$
متساويا لمثلث $\overline{وثب}$ لان ضلع $\overline{وث}$ مشترك بينهما و $\overline{ثد}$
يساوي $\overline{بث}$ كسواء اضلاع كثير الاضلاع المنتظم لبعضها وزاوية
 $\overline{وثد} =$ زاوية $\overline{وثب}$ لان احدي هاتين الزاويتين هي
نصف مجموعهما ويبرهن بمثل ذلك على ان مثلثي $\overline{وده}$ و $\overline{وهف}$
وكذلك ما اشبههما مساويان للمثلث الاول وبناء عليه يكونان متساويين
السابقين فاذن تكون اضلاعهما المتماثلة التي هي $\overline{وا}$ و $\overline{وب}$
و $\overline{وث}$ متساوية وعلى ذلك تكون نقطة $\overline{و}$ على بعد واحد من سائر
رؤس الشكل المنتظم فتكون حيتنذ من مركز الدائرة المارة بجميع هذه
الرؤس

وقد توجد هذه الدائرة متى امكن مرورها بالرؤس الثلاثة المذكورة وهذا
ما يحصل دائما وينتج من ذلك انه يمكن دائما رسم دائرة يرسم داخلها شكل
كثير الاضلاع المنتظم ولو بلغت اضلاعه في الكثرة ما بلغت
وبالعكس اذا كان المعلوم دائرة وامكن ان يرسم في داخلها شكل كثير
الاضلاع يكون عدد اضلاعه على حسب ما يراد يكني لذلك ان تقسم محيطها
الى عدة اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من الاضلاع في شكل كثير الاضلاع
وتضم نقط التقسيم الى بعضها بواسطة الخطوط المستقيمة

وقد ذكرنا في الدرس الثالث نسب الطول الحاصلة بين انصاف اقطار الدائرة
وابعاد هذه النقط التي هي في الحقيقة اطوال اضلاع الاشكال كثيرة

الاضلاع في هذا الاوج في ذلك دعوية
 (تطبيق الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة على الاستحكامات المنتظمة)
 يستعمل مهندسو الجهادية الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة في رسم
 استحكاماتها المنتظمة بشرط ان يكون عدد اضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع
 على حسب المحل المراد تحصينه ولا يستعملون المثلث التساوي الاضلاع
 والمربع الا في الاستحكامات السفرية ويستعملون الخمس والمسدس والمسيح
 في الاحاطة بالاماكن الصغيرة والقلاع ويستعملون ايضا الاشكال التي
 عددها كثير في الاحاطة بالمدن العظيمة

تطبيق الاشكال المتقدمة على التبايط وتلوين الاخشاب والقزاز
 والتزويق

الغرض الاصل من المسئلة المستعملة عادة في هذه الاشكال هو كونها
 تلاءم فراغا باشكل منتهية بخطوط مستقيمة ويعلم من ذلك ان هذه المسئلة
 قابلة لتحليلات عديدة على حسب التركيبات غير المتناهية للخطوط المسقيمة
 التي يمكن رسمها على اي مستوكان

فاذا اردنا ان تكون جميع الاشكال منتظمة ويكون عدد الاضلاع واحدا
 صارت المسئلة محددة كثيرا ولا يمكن حلها الا بالاشكال الاتية وهي
 اولا المثلثات المتساوية الاضلاع التي تصل رؤسها ستة بنقطة واحدة
 (شكل ٢٧)

ثانيا المربعات التي تصل رؤسها اربعة اربعة بنقطة واحدة (شكل ٢٩)

ثالثا المسدسات التي تصل رؤسها ثلاثة ثلاثة بنقطة واحدة (شكل ٢٨)

ولاجل البرهنة على هذه الدعاوى نذكر الجدول الآتي فنقول ان زوايا
 الشكل كثير الاضلاع المنتظم الذي له من الاضلاع

٣	و	٤	و	٥	و	٦	و	٧	يكون قدرها
٦٠	و	٩٠	و	١٠٨	و	١٢٠	و	١٢٨	

وزوايا الشكل الذي له من الاضلاع

٨ و ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ يكون قدرها

١٣٥ و ١٤٠ ١٤٤ ١٤٧ $\frac{٢}{١١}$ و ١٥٠

وبناء على ذلك تكون ٦ × ٦٠ و ٤ × ٩٠ و ٣ × ١٢٠

= ٣٦٠

واذا لم يقسم عدد اخر من اعداد الدرجات ٣٦٠ الى عدد صحيح الاجزاء فلا يمكن له الفراغ الموجود حول نقطة معلومة بزوايا اخر من زوايا كثير الاضلاع المنتظم وانما غلظه بزوايا الاشكال الثلاثية الاضلاع والرباعية والسداسية

تنبه اذ املتت المسافة التي حول نقطة ما (شكل ٢٧) بستة مثلثات متساوية الاضلاع فانه يتألف من الاضلاع الستة الخارجية مسدس منتظم مرسوم داخل دائرة انصاف اقطارها الاضلاع الداخلة وبناء على ذلك تكون اضلاع المسدس مساوية لنصف قطر الدائرة المرسوم داخلها وهذا من اعظم القوائد النافعة في الصناعة

ولا تسوغ لنا كثرة الاشياء التي تتعلق بها آماننا في هذا الكتاب ان نختبر على وجه التفصيل عدة اشكال منتظمة كثيرا اوقليلا فنحدث للفنون عند انضمامها الى بعضها تسامح عظيمة يتولد من مطالعتها ورسمها للتلامذة ملكة وفطنة

واذا اقتضى الحال عمل التزيين او تلوين الاخشاب او التبليط الذي يمشى عليه لزم ان لا تكون نقطة ما محل اجتماع الرؤس العديدة لاتنا اذا وضعنا على هذه النقطة قدما او جسما ثقيلا فانها تقادم مع السهولة وقت الانضغاط وهذا هو الذي ينشأ عنه فساد صحة الصناعة وصلابتها

وبهذا يستعملون في الغالب تركيب المثلثات المتساوية الاضلاع التي تتصل

رؤسها ستة ستة بنقط متحدة

ويحتب اتصال رؤس المربعات اربعة اربعة بنقطة واحدة

ومق اربعة بنقطة ارضية بالمربعات المتساوية فانه يتم بتنظيم تلك المربعات او المستطيلات بواسطة الصقوف المستقيمة وباتصال المربعات ببعضها على صف مقابل لمتصف مربعات الصف الثاني ونستعمل على حسب هذه القاعدة في تركيب الابنية عادة اجارا منحوتة على مقتضى الصورة المطلوبة وموضوعة في الوضع المعين في (شكل ٣٠)

وكان الرومانيون في الغالب يجعلون شكل المعين للاججار والقوابل التي كانوا يشيدون بها اسوارهم وكانوا يطلقون على نوع هذا الشغل اسم البناء المصوص (شكل ٣١) لان منظره يشبه الصف شيئا تاما

ولا استعمال شكل المسدس في تبليط الاماكن منافع كثيرة (شكل ٢٨) وتتخذ النحل بيوتها على هيئة شكل المسدسات المنتظمة وخاصة هذا الشكل ان النحل عملا مسكنها بحد معلوم من الشح

وكان القدماء يشيدون ابنتهم المتينة بكتل كبيرة من الاججار المنحوتة على هيئة الاشكال كثيرة الاضلاع غير المنتظمة والى الآن يوجد كثير من هذه المباني في بلاد ايطاليا وجزيرة سيبيليا وبلاد اليونان كالمباني التي يقال لها المباني الصقلوية المعينة في (شكل ٣٢)

وفائدة البناء بهذه الطريقة هي ان الكتل الكبيرة المعدة لرفع الابنية تستعمل على حالتها الطبيعية بحيث لا يتقص من حجمها الاصلى عند النحت الاشئ قليل جدا

وفي الرصيف الشهير الذي شيده الانكليز لوقاية ميناء مدينة بلوموت من شدة تلاطم امواج البحر كسوا اعلاه ومنحدره الداخلي من الجزء الاعلى بقطع غليظة من المرمر معشقة ببعضها ومفصلة كالمباني الصقلوية وبهذا التعشق لا يمكن ان البحر يدفع كتلة واحدة وانما يجعل كل كتلة من هذه الكتل مقوية لصلاية الجميع

(بيان الاشكال المنتهية بخطوط مستقيمة واقوس دائرة)

اذا سمعت الاشكال المؤلفة من خطوط مستقيمة امكن لنا ان نعرف كثرة هذا النوع الموجود في الاشكال المؤلفة من اجزاء الخط المستقيم والدائرة

واسهل الاشكال المؤلفة ما تألف من نصف دائرة وقطرها كشكل الغرافومتر والمنقلة المستعملين لنقل الزوايا وكصورة السلاعب عند القدماء وشكل المدرجات المعدة للجمعيات العامة والتعليم عند المتأخرين

ويكون الخطيب او المعلم في مركز Γ (شكل ٣٣) ويكون الناظرون مصطفين على انصاف دوائر متساوية البعد ويكون مركزها نقطة Γ وقطرها \overline{AB}

فاذا رسمنا من نهايتي قطر \overline{AB} (شكل ٣٤) خطين عمودين على القطر المذكور فانهما يصيران عماسين في نقطتي A و B لنصف دائرة \overline{AMB} واذا رسمنا ايضا في اي بعد خط \overline{EF} المستقيم الموازي لخط \overline{AB} فانا تكمل شكلا مستعملا كثيرا في الفنون وهو شكل القباب والابواب المقوصرة وسبب ذلك لان انحناء القوصرة تام من سائر الجهات

واذا رسمنا في اعملا مستطيل \overline{ABFE} (شكل ٣٥) بواسطة نصف قطر \overline{AB} اولا من قطعة A المعتبرة مركزا قوس \overline{BAM} وثانيا من قطعة B المعتبرة ايضا مركزا قوس \overline{AEM} فانه يحصل لنا الشكل الذي يكون على هيئة القباب التي يطلق عليها اسم القباب الحادة

وينتسب شكل القباب المقوصرة الى المبانى اليونانية وكذلك الى المبانى المتأخرة وينتسب شكل القباب الحادة الى المبانى القوطية ولكل من هذه المبانى المتقدمة المستعملة باشكل هندسية متنوعة اشكال بعلامات خصوصية تميزها عن بعضها وكل منها خدير بالاعتبار وتجب ارباب الذوق

السليم ومستحق ان يكون الغرض الاصلى من المطالعة الجيدة نظراً لظرافة اشكالها ومعادلتها لبعضها واشدة علوها وصلابة تراكيبها

فاذا رسمنا في (شكل ٣٤) نصف دائرة على قطر هـ فانه يتصل معنا محيط ا م ب ف ن هـ الذى يكون سطحه كسطح الميادين التى اعدتها القدماء للمسابقة على الخيل ولهذا سميت ميادين ملاهب الخيل وكانت الحدود التى تدور حولها الخيالة موضوعة فى مركزى ث و ش اللذين هما مركزا الاجراء المستديرة

ويستعمل المتأخرون لتشييد القناطر والعمارات قباً بمقوصرة مركبة من عدة اقواس ودوائر وهذا هو الذى يطلق عليه اسم القباب المصنوعة على صورة اذن الثعنة ويوجد فى (شكل ٣٦) اقواس من الدوائر لها ثلاثة مراكز مشار إليها بنقط و و ح و خ وسأأتى بيان ذلك فى الدرس الرابع عشر

وهنا النوع من المباني الغوطية او المورسكية يحوى على صناعة القباب بواسطة قوسى ب د و ع ف الصغيرين المضمين بالكلية (شكل ٣٧) الموصولين بمستقيى د هـ و هـ ف اللذين يتألف منهما زاوية منفرجة

ويلاحظ الانكيز كثير من المباني الغوطية المشيدة على وفق هذا النوع المتقدم وهى شهيرة بظرافة شكلها وشدة علوها ككنائس هنرى الثامن المشيدة فى مدينة وستنستير وكنائس تريينته المشيدة فى قبريج وكنائس قصر وندسور

(بيان رسم تفصيل العمارات)

قد ابتدع البناؤون تركيبات بسيطة نفيسة من الدائرة والخط المستقيم لتزين العمارات بالشكل المسمى خرائطة ويستعمل قطاع الخشب والخيارون وخرائطوا الخشب الرقيقة وصناع الآلات الاشكال المذكورة ويجب عليهم

ان يعرفوا حق المعرفة

واسهل هذه الاشكال هو الشريط المركب من خطين متوازيين قرييين من بعضهما ومنتهيين من اطرافهما بعمود واحد ويرى في (شكل ٣٨) شريط واحد كشريط \overline{AB} ويرى ايضا من نوع هذا الشريط عدة شرائط موضوعة فوق بعضها في (شكل ٣٩) الدال على عمود البناء الدوريق اليوناني المسحى بالشكل البستوي حيث انه يوجد في مدينة بستوم هيكل محاط باعمدة لطيفة من هذا الشكل

ويضمون عادة الى ما بقى من العمارات شريطا واحدا بواسطة ربع دائرة $\overline{B\Gamma}$ المماس لاسفل الشريط في نقطة \overline{B} ولضلع المنتصب من الحائط في نقطة $\overline{\Gamma}$ ولضلع العمود المربع او العمود الجانبي الذي يراد رسمه

وكذلك يجعلون عادة فوق الشريط نصف دائرة بارزا يطلق عليه بالقرنساوية اسم البودين (شكل ٣٨)

ثم انهم يستعملون تارة ربع الدائرة المحذب الذي يطلق عليه اسم ربع دور مثل \overline{AM} دون غيره (شكل ٤٠) ويستعملون تارة ربع الدائرة المحبوف مثل \overline{AM} (شكل ٤١)

ويتألف الكعب من رباعي الدائرة اللذين هما \overline{AM} و \overline{BN} (شكل ٤٢) اذا كان نصف قطرهما واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بحرفي \overline{O} و \overline{H} موضوعا على منتصب واحد

ويتألف ككذلك الحافر من رباعي الدائرة اللذين هما \overline{AM} و \overline{BN} (شكل ٤٣) اذا كان نصف قطرهما واحدا وكان كل من مركزيهما المشار اليهما بحرفي \overline{O} و \overline{H} موضوعين على خطافتي واحد

وهذه هي المبادئ البسيطة التي يركب بها البنائون انواع القصورات

والا قادرين والقواعد والرؤس الموجودة في كل من المباني القديمة والجديدة
ولا ينبغي ان يعتقد ان تركيب هذه الاشكال يتيسر لسكل من اراد معنى انه
يمكن عمله بالصدفة والاتفاق او على حسب ما تقتضيه الالهواء الفاسدة
الناشئة عن اختلال العقل بل يلزم ان يكون استكمال فن رسم تفصيل
العمارات واجرائها المتنوعة ناشئا عن مراعاة قوانين التنوع والتباين
وتجنب الزينة في البناء وعوضا عن التوسع في هذه الزينة ونشرها يلزم
تركيبها بجله بجله ليسهل على النظر الا حاطة بها ويلزم ايضا فصل تلك الجمل عن
بعضها بمسافات كبيرة مستوية وينبغي لنا ان نقابل في كل جلة الخراطات
الرفيعة بالخراطات الكبيرة والاشكال المستقيمة بالاشكال المستديرة حتى
تظهر من كل جلة الاشكال المكتنفة بها وهذه هي القواعد الاساسية
المستعملة في فن زينة المباني اعني القواعد التي لم يختص باستكشافها اعظم
بناي اليونان والاطالين ولا باستعمالها في مبانيهم حيث وجدوها
مستعملة مع الاتقان في المباني القديمة الموجودة ببلاد مصر القديمة
وفي العمارات الخوطية التي حصلت في القرون الوسطى وفي المساجد
والسرايات التي شيدها العرب ببلاد الاندلس في العصر الذي اظهر وافيته هذه
الايلة العلوم والفنون التي كانت معدومة وقتئذ فيما بقي من بلاد
اوربا

وهناك علمية هندسية اكثر تعان من النقش الظاهري ومن رسم الزينة الجاني
وهي معرفة مستوى العمارات ورسمه وقد تناول جميع الاشكال المستعملة
عند البنائين الى شكل الخط المستقيم والدائرة ومبادئ من الاحوال التي
يحتاجون فيها الى اشكال دقيقة يسمون هذه الاشكال الى اجراء
مستديرة كما اسلفنا ذلك في القباب المقوصرة

واذا احتاج البنائون الى تشييد عمارة في فراغ متسع جدا وجب عليهم ان
يتخبوا اشكالا منتظمة بصر الناظر كل من بساطتها واستوائها وتماثلها
ويستدل بها على الفطنة والنظام اللذين يوجبهما تشييد الانسان مبانيه

وعماراته

والفختر من هذه الاشكال عموما هو المستطيل او المربع لانهما ينقسمان مع السهولة الى قسمين ثانوية متحدة الصورة لازمة للتقسيم وليس فيما عيب سوى انهما لا يطابقان المحيطات المستديرة الداخلية الامع تضيق المسافة وحدوث اركان صغيرة مختلفة الشكل يلزم اخفاؤها عن النظر ومع ذلك لا تخلو هذه الادران عن فائدة وهي ان يبنى فيها سلام مخفية او مخازن للاشياء التي لا ينبغي اظهارها

ويجبر البناء في المدن التي تكون اراضيها غالية على ان يستخرج منفعة من الاراضي الضيقة ويرسم الاماكن المنتظمة رسما جيدا بقدر الامكان في شكل غير منتظم بالكلية وفي مثل هذه الاماكن تكون عادة تركيب الاشكال الهندسية مع بعضها مستعملة بكثرة عند ارباب الصناعة وبها يجدون اعظم اتركيبات

ومن معنى البناء من يعتقد انه يجعل تلامذته ماهرين بان يعطيهم صورة عمارات بحيث لو بنيت لكات مصار يشها تبلغ ملايين من الاموال ولواراد الانسان ان يبقى على منوال تلك الصور لما تيسر له ذلك الا في سهول وهمية بمعنى ان ذلك متعذر فلذا ترى هؤلاء المعلمين يعودون تلامذتهم على زخرفة المباني المؤدية الى الاستهزاء والسخرية وعلى مصاريف كثيرة يتعذر حصولها فيما بعد عند الاهالي فمن ثم كان الاولى ان يعودوهم دائما على انشاء رسم العمارات بشرط ان يتبعوا الاشكال المختلفة الممكن وجودها في داخل المدن التي يبنونها متلاصقة وذلك لان الشبان لهم ملكة الابتداع والاختراع

(الدرس الخامس)

(في بيان الاشكال المتساوية والمتماثلة والمتناسبة)

يكون الشكلان متساويين اذا كان احدهما موضوعا على الآخر وكان محيطاهما متحدتين بالكلية في جميع امتدادهما وقد اكتسبت الفنون من علم الهندسة عدة طرق متنوعة لرسم شكل مساو

لاخرو هذه مسئلة مهمة جدا وكثيرة الاستعمال في الصناعة
ولذا اذا اقتضى الحال عمل اجسام من الخت او النقص او الزخرفة او غير ذلك
فانه يلزم عمل قوالب وارائيك تصكون ابعادها مساوية بالكلية لابعاد
الاجسام المراد عملها

وقد تقدم لنا في الدرس الثاني انه يمكن بطريقة المتوازيات المتحدة في الطول
مع غاية السهولة رسم شكل يكون مساويا لآخر موضوعا على وجه بحيث
تكون الخطوط المتقابلة في الشكلين متوازية

وبواسطة هذه العملية يظهر كثير من الغلط بقدر ما يكون للمتوازيات المراد
رسمها من الطول وبقدر تباعدها عن بعضها وينبغي ان يضاف الى اسباب هذا
الغلط عدم ضبط المساطر والبيكازات والحبال المستعملة في قياس الابعاد
وعدم اتقان البراية الرفيعة كثيرا او قليلا لاقلام الرصاص والريش واقلام
الجداول المستعملة عندهم وهم جرا

وقد تكون الطريقة التي يستعملها المهندس في صور كثيرة لا يتحقق من
تساوي شكلين مستعملة ايضا عند الصانع في رسم شكل مساويا لآخر ولنذكر
الآن الطريقة المعدة لوضع احدهذين الشكلين على الآخر وتظهر هل
احدهما يتجاوز الاخر في هذا الوضع بنقطة او لا فنقول

لنرسم شكل ا ب ث د الخ (شكل ١) على امتداد كلمتداد م ن ح ح
(شكل ١ مكرر) كقطعة هاش تفشرا ولوح معدني او غير ذلك ونضع
شكل ا ب ث د على وجه بحيث يكون موجودا على ا ر ث د
في م ن ح ح (شكل ١ مكرر) ثم نقسم م ن ح ح
على حسب اضلاع ا ر و ر ث و ث د فينتج لنا شكل ا ر ث د الخ
المساوي بالضرورة للشكل ا ب ث د الخ

وعوضا عن كوننا تقسم الشكل الثاني بلا واسطة ترسم في الغالب بواسطة
قلم الرصاص او الطباشير او الجبر او غير ذلك محيط ا ر ث د الخ مع ملازمة

أطراف الشكل الاول ثم تقطع النظر عن الشكل الاول وتُرسَم الشكل الثاني مع السهولة

وهذه هي الطريقة التي يصنع بها الخياطون ونحاتوا الاجار والصابون والسمكية ومهندسو السفن وغيرهم من ارباب الصنائع شكلا مساويا لارنيك معلوم

(بيان طبع الرسم اى النقل بالقلم)

اذا لم يكن الشكل الاول مقطوعا على السطح الذي يشتمل عليه فلا يمكن استعمال الطريقة التي ذكرناها آنفا اذ اذا كان الشكل المجهول ارنيكال يبلغ الغاية في اللطف فانه يمكن تطبيقه على $\overline{م ن ح ح ح}$ مع غرضنا من النقاط الشهيرة وهي $\overline{ا و - و ش - و د}$ التي نصلها فيما بعد بخطوط مستقيمة ونقرز في بعض الاحيان الخطوط التامة التي ينبغي تحصيلها ثم نضرب بخزقة مملوطة من القلم المسحوق على الارنيك الذي يغطي $\overline{م ن ح ح ح}$ فنطبع الشكل الاول (وهذه هي كيفية طبع الرسم بالقلم) وتكون اجزاء القلم الصغيرة المارة بداخل كل ثقب دالة بكثرتها على سائر محيطات الشكل المراد تفصيله وقد وجد ارباب الصناعة طرقا اخرى لرسم صورة تامة بدون تلف الارنيك

(بيان نقل الرسم)

لاجل عدم ثقب الرسم نضع فرخا من الورق الشفاف على الجسم المراد اخذ صورته وتضع بقلم الرصاص او بالناقش او الريشة او غير ذلك المحيطات المراد تفصيلها وهذا هو الذي يطلق عليه اسم نقل الرسم

(بيان تماثل الاشكال)

يكون شكلا $\overline{ا - ش د الخ و ا - ش د الخ}$ (شكل ١ مكور) تماثلين اذا كانت قطعهما المتقابلة هي $\overline{ا و - و ب - و ش و ش الخ}$ موضوعة على متوازيين يقطع منتصفاهما $\overline{م ن}$ واذا اتينا برواز $\overline{م ن ح ح ح}$ على $\overline{م ن ح ح ح}$ فن المعلوم

ان نقطة ا تنطبق على آ و ر على س الخ بحيث انه اذا امكن
طبع ا ر س الخ على م ن ح خ فانه يظهر فيه شكل
ا ر س الخ للمساواة فاذن يمكن بواسطة المتوازيات والعمود الذي
يقطعها من منتصفها رسم شكل ا ر س الخ مماثلا لشكل آخر مثل
ا ر س

(بيان تحصيل الاشكال المتساوية او المتماثلة بالثقت والطبع والتغرافيا)

* (اي الطبع بالحجر) وغير ذلك *

الغرض الاصل من هذه الفنون هو ان تضع على لوح او سطح من الخشب
او المعدن او الحجر وغيره من سائر الجواهر اشكالا يمكن نقلها بالدقة على
سطوح أخرى وينبغي لنا ان نلاحظ ان الشكل المطبوع يكون منعكسا
بالنسبة لشكل اللوح لان ما كان على الجهة اليمنى يطبع على الجهة اليسرى
وبالعكس فاذن يلزم ان يكتب على ظهر اللوح اذا اريد ان الكتابة تكون على
وضعها الاصل راجع (شكل ١ مكرر) وهذا هو السبب في نقش حروف
الطبع بالعكس ووضعها مقلوبة لتكون فوق الورق على صورتها الاصلية
وتكون متتابعة من الشمال الى اليمين (وهذا على طريقة الفرنساوية
واما الطريقة العربية فهي بالعكس) فيتمصل حيثئذ من الطبع البسيط نسخ
غير متساوية لاشكال اللوح الا انها متماثلة

* (بيان تحصيل الاشكال المتساوية بالطبع) *

اعلم اننا نقس ونركب ونرسم القوالب التي نطبع بواسطتها على الألواح المستعملة
فيما بعد طبع الحروف والموسيقى والرسم وغير ذلك وقد تكون الاشياء
المطبوعة مارة من الشمال الى اليمين بواسطة الطبع الاول ومن اليمين الى
الشمال بواسطة الطبع الثاني فاذن تكون الاشياء المطبوعة متعكدة ومتساوية
على القالب الاصل والنسخ المتحصلة من اللوح المتوسط ونضع بحسب هذه
القاعدة في الجهة الاصلية المنقاش المجهول قالب الصب حروف الطبع وبناء
على ذلك تكون هذه الحروف منعكسة ويكون الطبع الناشئ عنها في الجهة

الاجلية وفي القنن والتغرافيا نرسم ونكتب في الجهة الاممية على الورق
او على المقوية المصهزة فتكون هذه الصككناية مقلوبة على الجبر ومعتدلة على
الاوراق التي ينشأ عنها التغرافيا

والمطلوب الآن من علم الهندسة طرق جديدة لرسم شكل مساو لآخر

فلنفرض شكلا كشكل ا ب ث د ه فنع ا (شكل ١) المواث
من عدة اضلاع على حسب المطلوب فاذا مددنا من نقطة ا التي هي رأس
كثير الاضلاع المنتظم او غير المنتظم الى سائر الرؤس الاخر خطوطا مستقيمة
فتنا قسم كثير الاضلاع المذكور الى مثلثات وحيث انه يسهل علينا رسم
مثلث يكون مساويا لآخر مع جعل مثلث ا ب ث مساويا لمثلث

ا ب ث ومثلث ا د ه مساويا لمثلث ا ب د واذ ه مساويا لمثلث ا د ه
وعلم جرابيوتول الاخر الى كوتنا نرسم شكل ا ب ث د ه فنع ا بتمامه

(شكل ١ مكرر) مساويا للشكل ا ب ث د ه فنع ا (شكل ١)

ويمكن تحصيل شكل ا ب ث د ه فنع ا باستعمال بيكار واحد
لقياس طول الاضلاع ومنقلة لقياس الزوايا فنرسم اول اضلع ا ب مساويا
لضلع ا ب واذ اضعنا مركز المنقلة في نقطة ب ومردنا القاعدة
القطرية من المنقلة على اتجاه ضلع ا ب فنخرجنا مع العصاة عدد

درجات زاوية ا ب ث وكسور درجاتها ونقل المنقلة الى نقطة ب
على الشكل الجديد المراد رسمه ثم تنقل عدد الدرجات التي قسناها آنفا
وتكون م هي النقطة المقابلة لهذا العدد على محيط المنقلة فاذا ينال على
الورق نقطة م بواسطة طرف البيكار ودرجنا مستقيم م ث مساويا

ب ث فنحصل معنا ضلع ثان من الشكل الجديد فاذا نقلنا المنقلة الى
نقطة ث فنحصل لنا زاوية ب ث د المنقولة الى ب ث د
وهكذا الى ما لانهاية واذا كانت العمالية مضبوطة ضبطا تاما فان الضلع
الاخير وهو ع ا يصل في حال رسمه الى نقطة ا الاولى ويكون طوله

مساوي الشكل $\text{غ} \text{أ}$ لكن اذا كان عدد اضلاع مستقيمة الاضلاع قليلا فلا يمكن الوصول الى مثل هذه النتيجة ويكون اقل خطأ يحصل في اى زاوية ظاهرا في جميع الاوابا الاتية حيث ان اتجاه احد الاضلاع يكون ثابتا على حسب الضلع المتقدم وبالجمله فالخطأ الحاصل في طول اى ضلع يجعل الشكل كبيرا وصغيرا يقل سائر اضلاع الشكل كثير الاضلاع بالتوازي الى الخارج او الداخل

وقد ذكرت هذه القاعدة لايين لك انه يمكن ان يكون كثير من طرق العمل القوية عرضة للخطأ في العملية ويمكن بواسطة طريقة حسنة ان تكون العمليات سهلة مضبوطة

ولنبصت عن اعظم طريقة ترسم بها شكلا مشابها لآخر

وحاصلها اننا اذا رسمنا بالتوازي مثلث أ ب ث و ا ب ج (شكل ١ مكرر) مع مقابلتهما للمثلثين المساويين لهما قطع فانه يمكن مع غاية الصعوبة اجتناب الخطا الجسيم ولا يخفى ان ما يقع في كل زاوية من الخطا الذي يزداد بقدر ازدياد عدد الزوايا ينشأ عنه مقدار جسيم من الخطا فاذن يمكن ان تكون زاوية أ غ الكلية مغايرة لزاوية ب ا ح تغايرا حسيا مع ان زاويتي أ ا ب و ا ب ج الجزئيتين المنظورتين فيها مغايرتان قليلا لزاويتي ب ا ث و ث ا د المقابلتين لهاتين الزاويتي

وهاهي الطرق التي تؤخذ من علم الهندسة لاثبات هذه المساواة الطريقة الاولى استعمال المتوازيات وحاصلها ان كل زاويتي يكونان متساويتي اذا كانت اضلاعهما متوازية

الطريقة الثانية اذا قسمنا بالبيكار وجدنا أ ب يساوي ا ب و ا غ يساوي ا ح و ب غ يساوي ب ح الطريقة الثالثة ان نعد ضلعي ب غ و ا غ اللذين كل منهما ضلع

ثالث من مثلثي $أ ب ع$ و $أ ب غ$ ثم ننظر هل نقطة $أ$ على بعد واحد من $ب ع$ كنقطة $أ$ من $ب غ$ اعني هل عودا أو و آخر التازلان من نقطة $أ$ على $ب غ$ ومن نقطة $أ$ على $ب غ$ مساويان لبعضهما الم لا

وعند انتهاء اثبات تساوي زاويتي $أ ب ع$ و $أ ب غ$ نرسم فيهما خطوط $أ ح$ و $أ د$ و $أ هـ$ لنضع فيما زوايا جرتية متساوية بان نجعل طول $أ ح$ مساويا لطول $أ د$ وطول $أ د$ مساويا لطول $أ هـ$ وطول $أ هـ$ مساويا لطول $أ ح$ ثم نرسم اضلاع $ح د$ و $د هـ$ و $هـ ح$ الخ فيحصل معنا رسم الشكل الثاني

فثبت اولاً رسم الجزء الاخير اما بواسطة البيكار وننظر هل $ح د$ يساوي $د هـ$ و $د هـ$ يساوي $هـ ح$ او بواسطة القرافومتر وننظر ايضاً هل زاوية $أ ب ح$ تساوي زاوية $أ ب د$ وزاوية $أ ب د$ تساوي $أ ب هـ$ وهلم جرا فاذا ظهر لنا بعض خطأ اعدنا العمليات لتعرف منشأ الخطأ ونصحهم

(بيان قاعدة المربعان)

يستعمل ارباب الصنائع هذه القاعدة بكثرة لاحداث شكل مساوي لآخر (شكل ٢)

ونقول بان يسموا في مبداء الامر الشكل الذي يريدون الرسم على نقشه الى طبقات متساوية بواسطة المتوازيات المتجهة الى جهتين عوديتين ويضعوا غمرة على كل جهة من جهات هذه القسمة الاربعة لتسهل معرفتها ويعملون قسمة متساوية لهذه القسمة على المستوى الذي ينبغي لهم ان يرسموا عليه شكلاً جديداً مساوياً للاول وبعد اجراء القسمة المذكورة يبينون النقط الضرورية التي توجد في كل من هذه المربعان

واذا بصحتنا في مبداء الامر لتحقق من وجود شي في طبقة $و$ او $د$ او $أ$ رأينا

انه لا يوجه شيء في طبقة ١ و ٢ و ١ و ٢ الاراضى ٢ الموجود
على خط مشارالى كل من طرفيه برقم ٤ و ٤ فنجعل على هذا الخط
انفراج اليكار مساويا لبعده هذه النقطة في ١ و ١ فنضعه على الشكل
الجديد في ١ و ١ آ فترى ان نقطة ب تكون في مربع ٢ و ٣
و ٦ و ٧ وتقيس بعد ب بخطوط ٢ و ٢ و ٦ و ٦
وتقل هذه الابعاد الى الشكل الجديد فيتوصل معنقطة ج وجميع رؤس
ش و ه و ه وغيرها ونرسم ككثير اضلاع ا ر ش ه الى ا

مساويا لكثير اضلاع ا ب ش د ه الى ا

وقد يوجد كما في الطريقة التي ذكرناها آتعا ثلاثة انواع من الخطاء ناشئة
عن الخطاء الكلى * اولها في قوازي او مساواة الخطوط التي تتألف منها
المربعات * ثانيا في رسم كل خط اما بالنسبة لاستقامته اولسجه او غير ذلك
* ثالثا في قياس وضع كل نقطة

وطالما كررت لك انه يشأ عن استعمال هذه الطرق البسيطة كثير من الخطاء
وانه يلزم ان يكون عند ارباب الصناعة مهارة عظيمة في العملية واشتغال كلى مع
التؤدة وجودة الذهن ليتجنبوا هذا الخطاء او يعرفوا منشاء فيصمموه وبهذا
التصحيح يستدل على تقدم الصناعة وانها بلغت درجة الكمال وبالجملة فلا تعجب
من كونه يلزم مضى عدة قرون حتى يصل الانسان الى صنع آلة صناعة مامة
بحيث تكون قواعد ما معلومة واشكالها محكمة التحديد الان مجاها
يكون معلقا على صناعة اجرائها المتنوعة فن ثم كان يعسر على الملل التي
لم تقدم في القنون المحتاجة الى الضبط والاتقان ان تصل الى درجة غيرها
من الملل المتقدمة في القنون المذكورة وذلك لان تقدم هذه الملل يعينها دائما
على تنقيص الاسباب الموجبة للخطاء في العملية * والقضية العلمية المعروفة
حق المعرفة والمطبقة على العملية بوجه الصحة هي التي تجعل الملل التي ليست
في مرتبة واحدة متساوية في المعارف بل وتجعلها فاقمة على من يعادلها
من الملل الاخرى التي سبقتها باستكمال محصولات الصناعة وهذا هو الغرض

الاصلي مما ذكرناه في هذا الشان

* (بيان الاشكال المناسبة) *

لا يكفي لارباب الصناعة ان يعرفوا مجرد عمل شكل مماثل او مساو لا آخر بل هم محتاجون في الغالب لعمل اشكال تشبه شيها تاما اشكالا اخرى غير انهما تكون اكبرا واصغر منها وعلم الهندسة هو الذي تعرف به طريق الوصول الى ذلك بواسطة خواص الخطوط المناسبة والمثلثات المتشابهة

ولنفرض ان مستقيم $\overline{اف}$ (شكل ٣) منقسم الى اجزاء متساوية مثل $\overline{اب}$ و $\overline{بث}$ و $\overline{ثد}$ و $\overline{ده}$ الخ ونفرض ايضا اننا مددنا من كل نقطة من نقطة التقسيم على اى اتجاه من الاتجاهات متوازيات $\overline{اا'}$ و $\overline{بب'}$ و $\overline{ثث'}$ و $\overline{دد'}$ و $\overline{هه'}$ الخ فتكون هذه المتوازيات متساوية الابعاد وبيان ذلك اننا اذا نزلنا اعمدة $\overline{اا'}$ و $\overline{بب'}$ و $\overline{ثث'}$ و $\overline{دد'}$ الخ على المتوازيات المذكورة فتنصنع عدة مثلثات مثل $\overline{ابا'}$ و $\overline{ببث'}$ و $\overline{ثثد'}$ و $\overline{دهه'}$ الخ واهم جراح حيث ان زوايا المثلثات المتقابلة متساوية وان كل ضلع منها مساو لا آخر اعني ان ضلع $\overline{اب}$ يساوي $\overline{بث}$ و ضلع $\overline{بث}$ = $\overline{ثد}$ و $\overline{ثد}$ الخ فاذن تكون اعمدة $\overline{اا'}$ و $\overline{بب'}$ و $\overline{ثث'}$ و $\overline{دد'}$ الخ هي الاضلاع المتقابلة من هذه المثلثات والتي تقيس المسافات الموجودة بين المتوازيات المتوالية مساوية لبعضها

ولنجد الان خط $\overline{م د و ح خ ر}$ في اتجاه مغاير لمستقيم $\overline{اف}$ فنقول حيث ان اجزاء $\overline{م د}$ و $\overline{د و}$ و $\overline{و ح}$ و $\overline{ح خ}$ و $\overline{خ ر}$ تكون مساوية لبعضها

ومن المعلوم اننا اذا نزلنا باعمدة $\overline{ما}$ و $\overline{دو}$ و $\overline{حز}$ الخ على

الخطوط المتوازية وكانت هذه الخطوط على بعد واحد من بعضها تحصل معنا
ان $\overline{م ١}$ يساوي $\overline{ه ٢}$ يساوي $\overline{و ٣}$ الخ وزيادة على ذلك تكون
اضلاع مثلثات $\overline{م ١ ه ٢}$ و $\overline{ه ٢ و ٣}$ و $\overline{و ٣ ع ٤}$ الخ متوازية وبناء
عليه تكون زواياها متساوية فاذن تكون هي متساوية وبمقتضى ذلك
تكون اضلاع $\overline{م ١ ه ٢}$ و $\overline{ه ٢ و ٣}$ و $\overline{و ٣ ع ٤}$ الخ المتقابلة متساوية

فعلى هذا اذا كان مثل **ا ف** (شكل ٣) منقسما الى اجزاء متساوية
بواسطة متوازيات $\overline{ا ا ١}$ و $\overline{ب ب ١}$ و $\overline{ث ث ١}$ و $\overline{د د ١}$ وهلم جرا
فان هذه المتوازيات تقسم ايضا مستقيم $\overline{م ر}$ الذي يقطعها الى اجزاء
متساوية

ونستعمل هذه الخاصية لتقسيم مستقيم معلوم الى اجزاء متساوية على
حسب المطلوب

مثلا اذا فرضنا انه يلزم تقسيم خط **ا ف** (شكل ٤) الى خمسة اجزاء
متساوية فانسأخذ من نقطة **ا** مستقيما آخر كستقيم **ا س** في اى اتجاه
كان ثم نعين بانفراج اليكارت تقسيمات $\overline{ا ١}$ و $\overline{ا ٢}$ و $\overline{ا ٣}$ و $\overline{ا ٤}$ و $\overline{ا ٥}$
المساوية لبعضها ونعتمد من نقطة **ه** ومن نقطة **ف** خط **ف ه**
ثم نمد ايضا من نقطة **ا** و $\overline{ا ٢}$ و $\overline{ا ٣}$ و $\overline{ا ٤}$ خطوط **ب ا** و **ف ا**
و $\overline{د ه}$ و $\overline{ه ف}$ موازية لخط **ف ه** فيصير خط **ا ف** منقسما
الى خمسة اجزاء متساوية حيث ان اجزاء هذا المستقيم الخمسة منحصرة بين
المتوازيات التي على بعد واحد من بعضها

وهذه الطريقة هي المستعملة عادة في تقسيم المقاييس المستعملة لرسم
مستويات المباني الملكية والجهادية والبحرية

ولتسمية المقاييس فائدة عظيمة جدا حيث يتوقف عليها صحة الرسوم المستعملة فيها
هذه المقاييس او فسادها واختلالها فاذا كان بعض اجزاء المقاييس المضبوطة
قبل العملية فاسدة كانت جميع اجزاء الرسوم التي تعتبر فيها هذه الاجزاء

كالاقبسة فاسدة ايضا وربما تكرر هذا الخطا غير مرة وقوله عنه خطأ
جسيم

ولاجل الوصول الى تقسيم المقياس صحة ينبغي ان لا تكون تقسيمات

١ و ١ و ٢ و ٢ و ٣ الخ اصغر من أ ب و ث د

و د ه الخ وينبغي ايضا ان نضع طرفي البيكار مع الضبط على خط أ س

المرسوم في اتجاه ثابت وكذلك ينبغي ان لا تشغل علامة البيكار الامسافة

صغيرة بقدر الامكان بحيث انه لا ينشأ عن امتداده الاخطأهين وبالجملة فيلزم

عند رسم المتوازيات ان يكون منتصف الخط المرسوم بقلم الرصاص او الحبر

مارامع الدقة بنقطة التقسيم الموافقة وان يكون التوازي على غاية من الصحة

فاذا توفرت هذه الشروط كلها دلت بمفردها على صحة العملية

وقد تصحح بواسطة البيكار قسمة خط أ ف (شكل ٤) بحيث يعرف

هل اجزاء أ ب و ب ث و ث د متساوية على وجه

الدقة ام لا

(بيان التقسيمات الصغيرة للمقاييس المهمة)

يلزم في الغالب تقسيم وحدة مقياس أ م (شكل ٥) الى اجزاء عديدة

بحيث يمكن تعيينها على مستقيم أ م الصغير بطريقة محكمة بينة وفي هذه

الصورة نرسم متوازيات م م و ن د و و و متساوية البعد

ونرسم ايضا عمودي م ف و أ ن ومائل أ ف فتكون النسبة

بين اطوال ب ر و ث د و د ه الخ كنسبة

١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ وتدل هذه الاطوال على تقسيمات

م أ الى اجزاء متساوية بقدر ما يوجد من المسافات المتساوية بين

متوازيات م م و ن د و و و الخ مثلاً اذا كان م أ يدل

على ١ متروكان هنالك عشرة خطوط موازية لخط م أ المذكور

وكانت كلها متساوية البعد فان اجزاء ب ر و ث د و د ه

بقدر ما يشتمل $\overline{\text{د}}$ على $\overline{\text{م}}$

ونيف عدد المرات التي يشتملها $\overline{\text{ب}}$ على $\overline{\text{أ}}$ و $\overline{\text{د}}$ على

$\overline{\text{م}}$ بهاتين الطريقتين وهما ان $\overline{\text{ب}}$ المقسوم على $\overline{\text{أ}}$

يساوي $\overline{\text{د}}$ المقسوم على $\overline{\text{م}}$ اعني ان $\overline{\text{ب}} \div \overline{\text{أ}} = \overline{\text{د}} \div \overline{\text{م}}$ او نسبة

$\overline{\text{ب}}$ الى $\overline{\text{أ}}$ كنسبة $\overline{\text{د}}$ الى $\overline{\text{م}}$ و اعني ان $\overline{\text{ب}} : \overline{\text{أ}} :: \overline{\text{د}} : \overline{\text{م}}$

وهذا هو الذي يطلق عليه اسم التناسب الهندسي الذي يشتمل دائما على

نسبتين متساويتين مثل $\overline{\text{ب}} \div \overline{\text{أ}} = \overline{\text{د}} \div \overline{\text{م}}$ وحيث تكون النسبة

الهندسية الحاصلة بين كيتين هي قسمة الكمية الاولى على الثانية وعكسها هي قسمة الكمية الثانية على الاولى

ويشتمل تناسب $\overline{\text{ب}} : \overline{\text{أ}} :: \overline{\text{د}} : \overline{\text{م}}$ على اربعة

حدود يطلق على كل من حديها الاول والاخير اسم الطرفين وعلى الحدين

المحصورين بينهما اسم الوسيطين

* (بيان الخاصية الاصلية للتناسب الهندسي) *

خاصية التناسب الهندسي هي ان حاصل ضرب الطرفين في بعضهما يساوي

حاصل ضرب الوسيطين في بعضهما

ولاجل البرهنة على ذلك يلاحظ في تناسب $\overline{\text{ب}} : \overline{\text{أ}} :: \overline{\text{د}} : \overline{\text{م}}$

$\overline{\text{د}} : \overline{\text{م}}$ ان $\overline{\text{ب}} \div \overline{\text{أ}} = \overline{\text{د}} \div \overline{\text{م}}$ متساويان لانه اذا ضربنا هاتين

المتساويتين معاني $\overline{\text{أ}}$ و $\overline{\text{م}}$ فان حاصل ضربهما يكونان متساويتين

ولكن $\overline{\text{ب}} \div \overline{\text{أ}}$ المقسوم على $\overline{\text{أ}}$ والمضروب في $\overline{\text{أ}}$ ثمة $\overline{\text{ب}}$

هو باختصار عين $\overline{ب ف}$ المضروب في $\overline{م د}$ اى انه حاصل ضرب الطرفين في بعضهما وكذلك $\overline{د ر}$ المقسوم على $\overline{م د}$ والمضروب في $\overline{أ ب}$ ثم في $\overline{م د}$ هو باختصار عين $\overline{د ر}$ المضروب في $\overline{أ ب}$ اى انه حاصل ضرب الوسطين في بعضهما فاذا كان حاصل ضرب الطرفين في بعضهما مساويا لحاصل ضرب الوسطين في بعضهما وتستعمل التناسبات الهندسية كثيرا في علمى الهندسة والحساب وفي تطبيقها على علوم آخر كعلم التجارة وعمليات الصناعة وغيرها ولذا كركك كيفية دلالة علم الحساب بواسطة الاعداد على التناسبات الهندسية فنقول

اذا فرضنا ان (شكل ٣) مرسوم بواسطة المقياس امكنا ان نستدل على كل من حدود تناسب $\overline{ب ف} : \overline{أ ب} :: \overline{د ر} : \overline{م د}$ بعدد المرات التى تشتمل عليها الجزء الخط المستقيم بالنسبة لوحدة المقياس مثلا اذا كان $\overline{ب ف} = ٣٠$ و $\overline{أ ب} = ٥$ و $\overline{د ر} = ٢٤$ و $\overline{م د} = ٤$ فانه يحصل معنا التناسبان المتحدان وهما $\overline{ب ف} : \overline{أ ب} :: \overline{د ر} : \overline{م د}$
 $٣٠ : ٥ :: ٢٤ : ٤$

وبناء على ذلك يمكن ان يستدل على نسب الخطوط وتناسباتها بنسب الاعداد وتناسباتها وبالعكس فاذا قسمنا ٣٠ على ٥ فنحصل معنا خارج القسمة الذى هو مقدار النسبة الاولى وهو ٦ واذا قسمنا ٢٤ على ٤ فنحصل معنا ايضا خارج القسمة الثانية وهو ٦ ومضى كانت القسمتان متساويتين وجد بينهما تناسب

واذا قسمنا ٥ على ٣٠ فان خارج القسمة يكون سدسا واذا قسمنا ٤ على ٢٤ فان خارج القسمة يكون ايضا سدسا وبناء على ذلك اذا كان

نسيان متساويتين وعكسهما فانهما يكونان متساويتين ايضا
فاذن ينتج لنا من نسبة ٣٠ : ٥ :: ٢٤ : ٤ مرة واحدة

$$\frac{٣٠}{٢٤} = \frac{٥}{٤} \text{ و } \frac{٢٤}{٤} = \frac{٣٠}{٥}$$

فاد اضر بنا حدى معادلة $\frac{٢٤}{٤} = \frac{٣٠}{٥}$ في ٢٤ ينتج معنا $\frac{٣٠}{٥} \times ٢٤ =$

وحيث ان ٥ و ٢٤ هما الوسطان و ٣٠ و ٤ هما الطرفان
كان احد الطرفين مساويا لحاصل ضرب الوسطين في بعضهما مقسوما على
الطرف الاخر

وبمثل ذلك يبرهن على ان كلا من الوسطين يساوى حاصل ضرب الطرفين
في بعضهما مقسوما على الوسط الاخر

فعلى ذلك اذا عرفنا ثلاثة من حدود التناسب الهندسي الاربعة فانه يمكن
معرفة الحد الرابع فورا بواسطة القاعدة التي ذكرناها آنفا وهي قاعدة الثلاثة
وسميت بذلك لانه يعلم منها الحد الرابع بواسطة الحدود الثلاثة

وكثيرا ما تستعمل هذه القاعدة في حسابات الخزان والتجارة والصناعة
ويشتمل علم الهندسة على قاعدة الثلاثة المذكورة مثلا انا عرفنا ثلاثة

خطوط مثل (أ) و (ب) و (ث) (شكل ٦) سهل علينا

ان نعرف بواسطة خطا رابعا كخط د بحيث يحدث (أ) : (ب) :

:: (ث) : (د) فبدأ بوضع (ث) = ح ر في طرف

(أ) = و ح ونرسم من نهاية و مستقيم و م في اى اتجاه

كان ومن نقطة و نجعل طول و ح = (ب) ونرسم كذلك

ح ح ثم رص موازيا ح ح فينتج حينئذ

$$\text{و ح} : \text{و ح} :: \text{ح ر} : \text{ح ح}$$

$$(أ) : (ب) :: (ث) : (د)$$

او

وإذا كان الوصلان متساويين كان الطول أو العدد الذي يدل عليه ما يسمى
وسطا متناسبا بين الطرفين مثلا في تناسب ٢ : ٤ :: ٤ : ٨
يكون ٤ هو الوسط المتناسب بين طرفي ٢ و ٨
وإذا كان المعلوم في علم الهندسة طولين فانه يسهل علينا استخراج وسطهما
المتناسب وسنبين للتذات عاجلا

(بيان المثلثات المتشابهة) *

إذا كانت اضلاع مثلثي \overline{AB} و \overline{AR} (شكل ٧) المتقابلة
متوازية فانها تكون متناسبة ويكون المثلثان متشابهين فاذن يتحصل
معنا

$\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{BT} : \overline{RT} :: \overline{AT} : \overline{AT}$ ولاجل
البرهنة على ذلك تقبل مثلث \overline{ABT} من غير ان يتغير اتجاه اضلاعه
بحيث تقع نقطة R على قطعة AT ثم نمد AT و \overline{BT} الى ان
يتلاقيا في نقطة M فيتحصل معنا $\overline{AT} = \overline{TM}$ و $\overline{AM} =$
 \overline{AR} حيث انهما متوازيان مضطربين متوازيان اخرى

وحيث ان $\overline{AT} = \overline{TM}$ و $\overline{AM} = \overline{AR}$ متوازيان ينتج

$\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{BT} : \overline{TM} = \overline{AT} : \overline{AT}$

و $\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{BT} : \overline{TM} = \overline{BT} : \overline{BT}$

وبناء على ذلك $\overline{AB} : \overline{AR} :: \overline{AT} : \overline{AT}$ و $\overline{BT} : \overline{BT}$
:

فاذا كان مثلثا \overline{ABT} و \overline{ART} (شكل ٨) متطابقين الوضع

والصورة بحيث يكون \overline{AB} عمودا على \overline{AR} و \overline{BT} على

\overline{RT} و \overline{AT} على \overline{AT} فان هذين المثلثين يكونان متشابهين

ويبان ذلك اذا اردنا مثلث $\overline{ا ر ث}$ بدون تغيير شيء منه من زاوية قائمة حول نقطة $\overline{ا}$ فان $\overline{ا ث}$ يكون موضوعا على $\overline{ا ث}$ في وضع مواز لخط $\overline{ا ب}$ وكذلك يفعل في $\overline{ا ر}$ و $\overline{ر ث}$ فاذن تكون اضلاع مثلث $\overline{ا ر ث}$ موازية لاضلاع مثلث $\overline{ا ب ث}$ ويكون المثلثان متشابهين وبناء على ذلك يكون مثلثا $\overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ر ث}$ متشابهين ايضا ومضى كانت اضلاع مثلثين متناسبة فان زواياهما المتقابلة تكون متساوية ويكون المثلثان متشابهين ويبانه ايضا اذا فرضنا انهم ليس لثلاثي $\overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ر ث}$ (شكل ٧) نسب اخرى غير هذه وهي

$\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ث} : \overline{ا ب}$ $\overline{ا ر} : \overline{ا ث} :: \overline{ا ب} : \overline{ر ث}$
فانما فرضنا مثلثا ثانيا مثلث $\overline{ا ر ث}$ يكون ضلعه وهو $\overline{ا ر} = \overline{ا ث}$ وزيادة على ذلك تكون اضلاعه الثلاثة موازية لاضلاع $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ث}$ و $\overline{ا ث}$ على التناظر وبناء عليه يفصل معنا

$\overline{ا ب} : \overline{ا ر} :: \overline{ا ث} : \overline{ا ب}$ $\overline{ا ر} : \overline{ا ث} :: \overline{ا ب} : \overline{ر ث}$
فاذن يكون $\overline{ا ث} = \frac{\overline{ا ر} \cdot \overline{ا ث}}{\overline{ا ب}}$ و $\overline{ا ر} = \frac{\overline{ا ر} \cdot \overline{ا ب}}{\overline{ا ث}}$ و $\overline{ر ث} = \frac{\overline{ا ر} \cdot \overline{ب ث}}{\overline{ا ب}}$

فعلى هذا اذا كان $\overline{ا ر} = \overline{ا ث}$ لزم ان يكون $\overline{ا ث} = \overline{ا ر}$ وان تكون $\overline{ر ث} = \overline{ر ث}$

فاذن تكون اضلاع مثلثي $\overline{ا ر ث}$ و $\overline{ا ر ث}$ الثلاثة متساوية على التناظر وبناء على ذلك يكونان متساويين فاذن تكون زوايا $\overline{ا} = \overline{ا}$

= ا و ر = ر = ب و ش = ش = ث

فيثبت اذا كانت اضلاع المثلثين متناسبة فان زواياهما المقابلة للاضلاع المتناسبة تكون بخصوص هذا السبب متساوية ويكون المثلثان متشابهين

ومنى كان ضلعا ا ب و ب ث من مثلث ا ب ث مناسبين لضلعي ا ر و ا ث من مثلث ا ر ث وكانت زاوية ا = ا فان هذين المثلثين يكونان متشابهين لاننا اذا وضعنا زاوية ا على ا فان تناسب ا ب : ا ر كناسب ا ث : ا ث يقتضى ان ا ث و ا ث يكونان متوازيين وعلى ذلك تكون الاضلاع الثلاثة متوازية

ففي (شكل ٦) اذ ارسمنا من نقطة و مستقيمتين و ح ر و ح ص و ط ع الثلاثة القاطعة لمتوازي ح ط خ و ر ع ص فنحصل معنا اولا على التوازي بسبب تشابه مثلثي و ح ط و و ر ع أن و ط : و ع :: ح ط : ر ع وثانيا بسبب تشابه مثلثي و ح ط و و ض ع ان و ط و ع :: ح ط : ض ع

فاذن يتحصل معنا ان ح ط : ر ع :: ح ط : ض ع اعني ان ح ط و ح ط و ر ع و ض ع التي هي اجزاء المتوازيين المقطوعين بالمستقيمتين الثلاثة المرسومة من نقطة واحدة تكون متناسبة وعكس هذه القاعدة صحيح ايضا

ويمكن ان نبرهن الآن على ان الشكلين الكثيري الاضلاع اذا كانت اضلاعها المتقابلة متوازية ومتناسبة يكونان متشابهين

فاذا فرضنا مثلان شكلي ا ب ث د ه ف غ ا و ا ر ث د ه ف غ ا

(شكل ٩) هما اللذان اضلاعهما المتقابلة متناسبة ومتوازية فيخرج ان

ا ب : ا ر :: ب ث : ر ث :: م : ا وتكون الزوايا

المتقابلة المتألفة من خطوط متوازية اثنين اثنين متساوية فاذن زاوية

ر = ب واذا مددنا خطي ا ث و ا ث فكان مثلثا

ا ب ث و ا ر ث متشابهين حيث ان زاوية ب من كل منهما

تساوي زاوية ر المحصورة بين ضلعين متناسين فاذن يتصل ا ب

: ا ر :: ب ث : ر ث :: ا ث : ا ث :: م : ا

واذا مددنا بعد ذلك ا د و ا د فانه مثلث ا ب د و ا ر د

يكونان متشابهين ايضا حيث ان ا ب : ا ر :: ب د : ر د :: ا د : ا د

:: م : ا وان زاويتي ا ب د و ا ر د متساويتان لان

اضلاعهما متوازية فاذن يكون ا د موازيا ا ر

واذا تماد بنا على البرهنة للذ كورة فانا نقسم الشكلين الكثيري الاضلاع الى

مثلثات متشابهة

وبناء على ذلك اذا امكن حل مثلثات متشابهة لمثلثات اخرى امكن بالتدريج رسم

اشكال كثيرة الاضلاع متشابهة لاشكال اخرى ايا ما كان عددا اضلاعها

(بيان يكار التناسب)

يُكار التناسب (شكل ١٠) هو آلة يستعملونها لتسهيل التحويلات

التناسبية وللعمليات المتنوعة وهو من مسطرتين متساويتين

ومدرجتين على حدسوا

فاذا اردنا تحويل ابعاد شكل من الاشكال الى نسبة خط معلوم كنخط ه

الى خط آخر معلوم كنخط ف فانا نجعل على ضلع ا ب طول ا م

= ه ونعين عددا للتدريج المقابل لنقطة م ونجعل نقطة ن التي

(بيان الاشكال الكثيرة الاضلاع المنتظمة المتشابهة)

كل شكلين كثيرى الاضلاع منتظمين متصدين في عدد الاضلاع يكونان متشابهين وبيان ذلك انه حيث كانت اضلاع كل واحد منهما متساوية فبالضرورة تكون متناسبة وتكون زواياهما التي لاتتعلق بالطول بل بعدد الاضلاع من جنس واحد فيهما

ونسبة محيطي كثيرى الاضلاع المتشابهين الى بعضهما كنسبة الاضلاع البسيطة الى بعضها

وعجرا فاذداد اضلاع كثير الاضلاع يكون الشكل مغايرا قليلا للدائرة التي يكون مرسوما فيها فاذن ينبغي ان تكون الدوائر معتبرة كالاشكال المتشابهة اعني كالاشكال التي تكون خطوطها المتشابهة الوضع متناسبة ونسبة محيطات الدوائر الى بعضها كنسبة انصاف اقطار هذه الدوائر الى بعضها

فاذا رسمنا في دائرتين شكلين كثيرى الاضلاع منتظمين ومتصدين في عدد

الاضلاع مثل $\overline{ا ب ث د ه ف ا}$ و $\overline{ا ر ش ذ ه ف ا}$

(شكل ١٢) كانت نسبة الخطوط المتناسبة فعمامى $\overline{ا ل ا}$ نسبة

انصاف اقطار الدائرتين وثانيا نسبة اضلاع كثيرى الاضلاع وثالثا

نسبة محيطي كثيرى الاضلاع المذكورين فدايعا نسبة محيطي هاتين الدائرتين

واذا رسمنا في دائرة (شكل ١٣) قطر $\overline{ا و ب}$ ثم رسمنا من نقطة ما

كنقطة $\overline{ث}$ من هذا القطر خط $\overline{ح}$ عمودا على هذا القطر ورسمنا

مستقيمي $\overline{ا ح}$ و $\overline{ب ح}$ فالتا تصنع مثلث $\overline{ا ح ب}$ القائم

الزاوية وهي $\overline{ح}$ وحيث يكون هذا المثلث القائم الزاوية متشابهها

لكل من مثلثي $\overline{ا ح ث}$ و $\overline{ب ح ث}$ الجزئين اللذين تركب

منهما

ويسان ذلك أن زاوية $\overline{آ}$ الحادة مشتركة بين مثلثي $\overline{أح ب}$ و $\overline{أح ث}$ القائم زاوية والحادية الأخرى مساوية لزاوية قائمة ناقصة زاوية $\overline{آ}$ فاذن $\overline{تصكون}$ زوايا هذين المثلثين الثلاثة متساوية كل لتظيرتها ويكون هذان المثلثان متشابهين

وكذلك زاوية $\overline{ب}$ الحادة مشتركة بين مثلثي $\overline{أب ح}$ و $\overline{أب ث}$ المذكورين فاذن يكون هذان المثلثان متشابهين وبمقتضى ذلك يتحصل معنا التناسبات الآتية وهي

$$\begin{array}{ccc} \overline{أب} : \overline{أح} :: \overline{أح} : \overline{أث} \\ \overline{أب} : \overline{بح} :: \overline{بح} : \overline{بث} \\ \overline{أث} : \overline{شح} :: \overline{شح} : \overline{ثب} \end{array}$$

فاذن يكون $\overline{أولا}$ الضلع الصغير الشمالي الذي هو $\overline{أح}$ من مثلث $\overline{أب ح}$ القائم زاوية وسطا متناسبا بين وتر الزاوية القائمة الذي هو $\overline{أب}$ وجزئه الذي هو $\overline{أث}$ وهو الجزء الموجود على يسار عمود $\overline{ح ث}$

ثانياً يكون الضلع الصغير الأيمن الذي هو $\overline{أب ح}$ وسطا متناسبا بين وتر الزاوية الذي هو $\overline{أب}$ وجزئه الذي هو جزء $\overline{ب ث}$ وهو الجزء الموجود على يمين العمود المذکور

ثالثا يكون عمود $\overline{ش ح}$ وسطا متناسبا بين جرمي وتر الزاوية القائمة اللذين هما $\overline{أث}$ و $\overline{ثب}$

فعلى هذا اذا كان وتر الزاوية القائمة قطرا للدائرة وكان $\overline{ش ح}$ نصف

وترعوى على هذا القطر فان $\overline{أ ح}$ و $\overline{ح ب}$ يكونان وترين آخرين
متساويين من نهاية القطر

وينتج من ذلك ثلاث خواص أولا يكون وتر $\overline{أ ح}$ الموضوع على
الشمال وسطا متناسبا بين قطر $\overline{أ ب}$ وجزءه الذي هو $\overline{أ ث}$ الموضوع
على شمال نصف الوتر العمودى على هذا القطر

ثانيا يكون وتر $\overline{ث ح}$ الموضوع على اليمين وسطا متناسبا بين قطر
 $\overline{أ ب}$ وجزءه الذي هو $\overline{ب ث}$ الموضوع على يمين نصف الوتر العمودى
على هذا القطر ايضا

ثالثا يكون نصف وتر $\overline{ث ح}$ وسطا متناسبا بين جزئى القطر للموضوعين
على شماله ويمينه

وكثيرا ما نستعمل هذه الخواص في تقويم نتائج الآلات وحركتها

(الدرس السادس)

(في بيان اخذ مسطح الاشكال المستوية المنتهية)

(بخطوط مستقيمة او مستديرة)

اذا اردنا قياس المسطحات المنتهية بخطوط مستقيمة او بخطوط منحنية فاننا
نجعل وحدة المقياس الشكل البسيط الهين الرسم والقسمة وهو المربع الذى
يكون احدا اضلاعه مساويا لوحدة الطول

وينبغي ان نبين أولا كيف يمكن بواسطة هذا المربع قياس مربع اكبر منه
اعنى كيف يمكن معرفة عدد مرات احتواء المربع الاكبر على الاصغر
فنقول

انه بقدر مرات احتوا ضلع المربع الاكبر على ضلع المربع الاصغر يمكن ان تحدث
في المربع الاكبر طبقات متوازية يكون عرضها الضلع الاصغر وطولها الضلع
الاكبر لكن تكون كل طبقة مثقلة على المربع الاصغر بقدر مرات احتوا
الضلع الاكبر على الاصغر مثلاً اذا كان الضلع الاكبر محتوياً على الضلع
الاصغر عشر مرات فانتا تقسم المربع الاكبر الى عشر طبقات عرضها الضلع
الاصغر وطولها هذا الضلع مكرراً عشر مرات فاذن تكون كل طبقة مساوية
لسطح المربع الاصغر مكرراً عشر مرات وعشر مرات مضروبة في مثلها
هي عدد المربعات الصغيرة المطروقة في المربع الاكبر

ويستدل بذلك البرهنة على انه اذا جعل ضلع اى مربع وحدة الطول كان هذا
المربع مطروقاً في مربع آخر يكون مقدار ضلعه

$$36 = 6 \times 6$$

$$1 = 1 \times 1$$

$$49 = 7 \times 7$$

$$4 = 2 \times 2$$

$$64 = 8 \times 8$$

$$9 = 3 \times 3$$

$$81 = 9 \times 9$$

$$16 = 4 \times 4$$

$$100 = 10 \times 10$$

$$25 = 5 \times 5$$

فالاعداد التي هي ١ و ٤ و ٩ و ١٦ و ٢٥ و ٣٦ وهم
جوانسجى تربيعات اعداد ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ الخ
لانها تدل على عدد المربعات التي يكون ضلعها وحدة الطول المطروقة
في مسطح المربعات التي اضلاعها ١ او ٢ او ٣ او ٤ او غير ذلك
والاعداد التي هي ١ و ٢ و ٣ و ٤ الدالة على كمية آحاد الطول
المطروقة في كل ضلع من المربعات تسمى جز هذه المربعات

واذا كان المربع الذي يراد قياسه اصغر من الذي جعل وحدة القياس فانه
ينبغي تقسيم هذا المربع الاخير الى تقسيمات ثانوية بمعنى ان اضلاعه تقسم
الى عشرة اجزاء متساوية ويصنع مائة مربع صغيرة متساوية كل واحد منها

فان يكون $س ص + ز ص$ اي مجموع مربعي $س ص$ -
 و $ز ص$ مساويا $س ح + ز ح$ اعني $س ز$
 \times $س ز$ الذي هو قياس مربع $س ز$ هـ وحيث ان يكون المربع
 الاكبر مساويا لمجموع المربعين الآخرين

ويتامعني ذلك يكون المربع المرسوم على الضلع الاكبر في مثلث قائم الزاوية
 مساويا لمجموع المربعين المرسومين على الصليين الآخرين
 فاذا اردنا عمل مربع مساو لتفاضل مربعين آخرين فاستنصع مثلثا قائم

الزاوية يكون ضلعه الاكبر $س ز$ (شكل ٣) وهو ضلع المربع الاكبر
 ويكون احد ضلعيه الآخرين $س ص$ وهو ضلع المربع الاخير المعلوم
 فيكون ضلع $ص ز$ الثالث من المثلث القائم الزاوية هو ضلع المربع
 المطلوب المساوي لتفاضل المربعين الآخرين حيث انه باضافته الى المربع
 الاصغر يكون مساويا للمربع الاكبر

مثلا اذا لاحظنا ان $٩ = ٣ \times ٣$ وان $٤ \times ٤ = ١٦$ وان
 $٥ \times ٥ = ٢٥$ وان $٩ + ١٦ = ٢٥$ رأينا ان ٣
 و ٤ و ٥ هي اضلاع المثلث القائم الزاوية ويستعمل ارباب الصناعة
 في الغالب هذه الخاصية لتنزيل مستقيم $س ص$ (شكل ٣) عودا
 على مستقيم آخر مثل $س ص$ فيقسمون $س ص$ الى ثلاثة اجزاء
 ثم يأخذون من هذه الاجزاء $ص ز = ٤$ و $س ز = ٥$ ويتمون
 مثلث $س ص ز$ الذي يكون فيه $ص ز$ هو العمود المطلوب

ولنفس الان سطح الاشكال التي تختلف كثيرا عن شكل المربع
 فنقول

ان سطح المستطيل يساوي حاصل ضرب القاعدة في الارتفاع
 ولانبات ذلك قسم م ح (شكل ٤) الى اجزاء مساوية لضلع

أ ب الذي هو من مربع أ ب د ث المجهول وحدة القياس فإذا
 ندّدنا من قط التقسيم خطوطاً مستقيمة موازية لخط م ن فإنها
 تقسم المستطيل إلى طبقات طولها م ن وعرضها كعرض المربع
 وكل طبقة منها تحتوى على مسطح مربعان أ ب د ث بقدر احتواء
 م ن على أ ب وبناء على ذلك إذا عبر عن خط م ن بالأعداد
 وكان أ ب هو وحدة القياس فإنه يستدل على عدد مربعات
 أ ب د ث الذي يحتوى عليه مستطيل م ن ح خ بقاعدة
 م ن مضروبة في ارتفاع م ح

وقد يلزم في القنون غالباً أن يكون سطحه مساوياً لسطح مستطيل
 م ن ح خ وكذلك نصّل أطراف ضلعي م ح و م ن (شكل ٥)
 ببعضها ونرسم على مجموعها المعتبر كالمقطر نصف دائرة ونقيم من نقطة م
 عمود م ر على قطر ح ن ونمد هذا العمود إلى محيط نصف الدائرة
 فيتحصل معنا (موجب الدرس الخامس)

خ م : م ر : م ر : م ن وينتج من ذلك أن خ م
 \times م ن = م ر

وحينئذ يكون المربع المرسوم على م ر مساوياً للمستطيل م ن ح خ
 حيث أن قياس سطحه ما واحد

وسطح متوازي أضلاع ل م ن ف (شكل ٦) يساوى حاصل
 ضرب قاعدة في ارتفاعه

ولأثبت ذلك نمد من تقاطع م ر و ن عمودى م ح و ن ح
 على م ن إلى ول ح فيكون مثلثا م ح ل و ن ح و
 متساويين لأن م ح = ن ح (كمتوازيين محصورين بين

متوازيين آخرين) ولأن الزوايا المتقابلة متساوية أيضا وحيث إذا فإبنا

مستطيل من ح ح بمتوازي اضلاع من ول رأينا ان هذا

المستطيل يساوي متوازي الاضلاع بزيادة مثل ل م ح ونقص

مثلث ن و ح وبناء على ذلك يكون سطح متوازي الاضلاع كسطح

المستطيل مقياسا حاصل ضرب قاعدته وهي م ن في ارتفاعه وهو

ح ن

وقد بينا لنا تربيعة ضرب الارقام الاتية سطح المستطيل او متوازي

الاضلاع الذي يعبر عن ضلعيه بالاعداد التي لا تتجاوز عشرة وهاك الارقام

المذكورة

١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
٢٠	١٨	١٦	١٤	١٢	١٠	٨	٦	٤	٢
٣٠	٢٧	٢٤	٢١	١٨	١٥	١٢	٩	٦	٣
٤٠	٣٦	٣٢	٢٨	٢٤	٢٠	١٦	١٢	٨	٤
٥٠	٤٥	٤٠	٣٥	٣٠	٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥
٦٠	٥٤	٤٨	٤٢	٣٦	٣٠	٢٤	١٨	١٢	٦
٧٠	٦٣	٥٦	٤٩	٤٢	٣٥	٢٨	٢١	١٤	٧
٨٠	٧٢	٦٤	٥٦	٤٨	٤٠	٣٢	٢٤	١٦	٨
٩٠	٨١	٧٢	٦٣	٥٤	٤٥	٣٦	٢٧	١٨	٩
١٠٠	٩٠	٨٠	٧٠	٦٠	٥٠	٤٠	٣٠	٢٠	١٠

فالسطر الثاني دال على سطح المستطيلات او على متوازيات الاضلاع

التي تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٢ وقواعدها مساوية لعدد

١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ والسطر الثالث دال على سطح المستطيلات

او على متوازيات الاضلاع التي تكون ارتفاعاتها مساوية لعدد ٣

وقواعدها مساوية لعدد ١ و ٢ و ٣ و ٤ وهلم جرا وينبغي ان

يكون عند ارباب الصناعة جدول كهذا الجدول معلق في رؤسهم ومصانعهم
ويجب عليهم حفظه في اذهانهم حيث ان هذه المعرفة لازمة لعمل ادنى
ضرب

ومسطح كل مثلث مثل $\triangle ABC$ (شكل ٧) يساوى نصف حاصل
ضرب قاعدته في ارتفاعه

وبيان ذلك انما اذا رسمنا خط CD موازيا لخط AB ونخط AD
موازيا لخط BC فان المثلث الجديد الذى هو $\triangle ACD$ يكون
مساويا للمثلث الاول الذى هو $\triangle ABC$ الا انه يتألف من

$\triangle ABC$ متوازى الاضلاع الذى يكون سطحه مساويا لخط AB
الذى هو قاعدة مثلث $\triangle ABC$ مضروبة في ارتفاعه وهو CD
فاذن يكون نصف هذا الحاصل مساويا لسطح المثلث

وحيث انه يمكن دائما تقسيم اى شكل منته بخطوط مستقيمة الى مثلثات
فانه يتحصل معنا فوراً مساحة سطح كل شكل كثير الاضلاع منتظماً كان
او غير منتظم وحيث كانت مساحة كل مثلث مساوية لنصف حاصل ضرب
قاعدته في ارتفاعه نشأ عن مجموع حواصل الضرب مساحة السطح المطلوب
وهذه العملية هي احدى العمليات التى تجعل معرفة المثلثات مهمة جداً
في علم الهندسة خصوصاً الى اخذ مساحة الاراضى ولنبته الان هذه العملية
في مساحة شبه المنحرف فنقول

سطح شبه المنحرف يساوى نصف مجموع قاعدتيه مضروباً في ارتفاعه
وذالك ان شبه منحرف $ABCD$ (شكل ٨) الذى ارتفاعه
 h ينقسم بخط AE الذى هو قطر الشكل الى مثلثي $\triangle ABC$
و $\triangle AED$ اللذين مساحة احدهما $\frac{1}{2} AB \times h$ والثاني

١ $\frac{1}{4}$ د ث \times م د فيكون مجموع هذين الحاصلين نصف ا ب
 + ث د مضروباني م د وهالكيفية وضعها ١
 (ا ب + ث د) م د

فاذا تحصل معنا هذا الحاصل وجدنا على الفور مربعا مكافئاً للشبه
 المخرف بان قيس ا ب + ث د (شكل ٢٨) الذي يستدل
 عليه بخط م ن المنفرد (شكل ٥) ويجعل م ح $= \frac{1}{4}$
 م د ونرسم نصف دائرة ح ز ن فيصير عمود م ر هو ضلع
 المربع المطلوب
 وسطح كثير الاضلاع المنتظم يساوي نصف محيطه مضروباني بعد مركزه
 عن احد اضلاعه

وبينه اننا اذا مدنا من نقطة و التي هي مركز كثير الاضلاع ا ب ث د
 الخ الى الروس الاخر (شكل ٩) خطوطاً مستقيمة فالتقسيم هذا
 الشكل الى مثلثات متساوية مثل ا و ب و ب و ث و ث و د
 وهم جرا فاذا كان و م هو بعد المركز عن كل ضلع وكان عين ارتفاع هذه
 المثلثات كان قياس كل مثلث منها $\frac{1}{4}$ ا ب \times و م و قياس المسطح
 الكلي $\frac{1}{4}$ (ا ب + ب ث + ث د و م جرا) و م او
 $\frac{1}{4}$ (ا ب ث د الخ) و م

وكثير الاضلاع المنتظم يغير الدائرة التي يكون مرسوماً في داخلها تغيراً
 اقل من ازدياد عدد اضلاعه فاذا ضاعفنا عدد الاضلاع على قدر الكفاية كان
 الفرق اقل من كل كمية مفروضة فاذن يمكن اعتبار الدائرة كشكل كثير
 الاضلاع له من الاضلاع الصغيرة عدد جسيم بحيث لا يكون عمود و م

مغاير ابكمية معلومة لنصف قطر $و أ$ واذن يثبت المطلوب
وبناء عليه يكون سطح الدائرة مساويا لمحيطها مضروبا في ربع قطرها ونصف
محيطها مضروبا في نصف قطرها

(بيان استقامة التريبع الدائرة)

يسهل علينا بواسطة الحبل الممين في (شكل ٥) احداث مربع يكون
سطحه مساويا لسطح دائرة معلومة اذا امكن احداث خط مستقيم طوله
مساو مع الضبط لمحيط الدائرة التي يكون نصف قطرها معلوما الا انه يمكن
تحصيل قياس اي خط مستقيم مع الضبط فكنك احداث مربع مكافئ
للدائرة (وهذا هو المسمى بتريبع الدائرة) وهذا المسئلة من جملة المسائل التي
يستحيل حلها مع الضبط وينبغي ان لا يصرف التلامذة زمانهم واذهانهم
في الامور التي لا ينجحون فيها

ويمكن ان نبين بالاعداد المقدار المقارب لمحيط الدائرة وسطحها بان نشير الى
القطر بعدد

١٠٠ و ١٠٠٠ و ١٠٠٠٠ و ١٠٠٠٠٠ و ١٠٠٠٠٠٠ وهم جراوا الى
المحيط بعدد

٦٢٨ و ٦٢٨٣ و ٦٢٨٣١ و ٦٢٨٣١٣ والى السطح بعدد
٣١٤ و ٣١٤١ و ٣١٤١٥ و ٣١٤١٥٦ الخ

واذا اكتفينا عن سطح الدائرة الكلي بسطح قطاع الدائرة وهو $أوب$
(شكل ٩) الذي يكون قوسه نصف المحيط او ثلثه او رבעه الخ رأينا ان
هذا القطاع يكون ايضا نصف سطح الدائرة او ثلثه او رבעه وهم جراوا يكتفي
لتحصيل قياسه ضرب ربع القطر في طول قوس $أوب$ المحصور بين
ضلعي $و أ$ و $و ب$ فاذا طرحنا من هذا الحاصل حاصل ضرب
 $\frac{1}{2} أ ب \times و م =$ لسطح مثلث $و أ ب$ فانه يتحصل معنا
سطح قطعة الدائرة وهي $أوب$

(بيان مماثلة سطح الاشكال المتشابهة لبعضها)

اولا ان كرمائلة المثلثات بعضها اقرب

لبعضها على كل مثلين متساويين تشاوي نسبة تريع خطين من الخطوط المتعابلة او المتناظرة مثلا اذا فرضنا ان مثلث $اوب$ و $اود$ (شكل ١١) اللذين قاعدتهما تساوي نصف ارتفاعهما فان احدهم يبي

$ا ب ث د$ و $ا ر ش$ المرسوم على قاعدتهما المتعبرة ضلعا يكون مساويا لهما في السطح فاذا قصت الارتفاعات او زادت بالتساوي وكانت القاعدة باقية على حالها حدث مثلثان متشابهة كلتي $ا ب$

و $ا ر$ اللذين بقص سطحهما او زيد في نسبة واحدة عند ما تكون قاعدتهما واحدة وبناء على ذلك اذا كانت نسبة السطوح مدلولها عليهما من مبدء الامر عربي القواعد اللذين هما $ا ب ث د$ و $ا ر ش$ فان

هذه النسب تكون على حالة واحدة في جميع الاحوال

ويمكن تقسيم سائر الاشكال المتشابهة الى عدد واحد من المثلثات المتشابهة التي تكون نسبتها لبعضها كنسبة مربعي خطين متقابلين فاذن يثبت المطلوب

ونسبة سطوح الاشكال المتشابهة (المنتهية بخطوط مستقيمة) الى بعضها كنسبة المربعات المرسومة على خطين متقابلين متساويين الى بعضها

فلذا اذا كان كثير الاضلاع اللذان هما $ا ب ث د ه ف ا$ و $ا ر ش ه ف ا$ (شكل ١٢) متساويين فان نسبة سطوحهما تكون كنسبة مربعي $ا ب$ و $ا ر$ المرسومين على ضلعي $ا ب$ و $ا ر$ المتقابلين

وكذلك يبرهن على ان سطوح الدوائر التي هي اشكال متشابهة تكون مناسبة للمربعات المرسومة على انصاف اقطارها وعلى اقطارها المتعبرة كالاضلاع

واستعمال هذه التناسبات سهل في الغالب وذلك لان سطح الدائرة التي نصف

قطرها يساوي الوحدة لا يمكن التعبير عنه ولوعلى وجه التقريب اذا اردنا ضبطه ضبطا واحيا الابعاد مهمة غير انه يمكن معرفة نسب السطوح في العادة مع السهولة التامة

ولنذكر هنا خاصيتين عظمتين في شأن سطح الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة والدوائر بدون ذكر برهنتهما لان هذه البرهنة مبنية على قواعد علمية متينة جدا نقول

احدهما ان جميع الاشكال الكثيرة الاضلاع المتساوية في المحيط وعدد الاضلاع اكبرها مسطحا هو كثير الاضلاع المنتظم الثانية انه عند تساوي محيطات الاشكال كثيرة الاضلاع المنتظمة يكون اكبرها مسطحا والذي يكون عددا اضلاعه اكثر فحينئذ يكون لجميع الاشكال المركبة من الاضلاع المستقيمة او المنحنية مسطح اقل من سطح الدائرة

(بيان اجراء العملية)

لابد من معرفة الخاصيتين المذكورتين في تنظيم عدة من الفنون فكمية الرصاص التي ينبغي استعمالها في تركيب الزجاج القديم ذي المسافة المحدودة تكون قليلة جدا فاذا كان عدد اضلاع الزجاج معلوما كانت اشكالها منتظمة

وكذلك اذا اقتضى الحال على مجار للمياه او للغاز او غيرها ولزم لهذه المجارى ان تفتح طرقا لمقدار معلوم من السائل فان كمية الخشب او المعدن المستعملة لهذه المجارى تكون قليلة جدا اذا كانت تلك المجارى مستديرة

واذا كان المطلوب في فن المباني ارتفاع العمارة ومحيطها وكذلك امتداد اسوارها الخارجية فان المسافة التي يمكن احاطتها بكمية واحدة من البناء تكون كبيرة جدا كلما قرب شكل العمارة من شكل كثير الاضلاع المنتظم او من كثير الاضلاع الذي يكون عددا اضلاعه كثيرا

ممكنها لأن على السطح غير المنتهى من المستوى الذي رسمنا عليه الاشكال
المنزوعة التي ذكرناها انما تتولد من كانت نقطتان من المستقيم على
المستوى فانه يكون موجودا بنهاه على هذا المستوى وتستعمل هذه

انما صيغ في القنون لرسم سطوح مستوية وقطع مساحات مستوية ايضا
(بيان اجراء العملية في صناعة الصيني)

اذا اردنا كما في فن صناعة الصيني ان نحدد قطعة من الارض ونجعلها على
صورة سطح مستو فالتأضع شاخصين متوازيين او برؤا مستويا مثل
مرن ح ح (شكل ١٣) ثم نتقدم مع التوازي بواسطة مسطرة

ض ط اقامة المستندة على شاخصي م ن و ح ح ونفصل
او نضرب جميع الارض البارزة فوق المستوى المار بشاخصي م ن

و ح ح ولا يلزم ان يكون برؤا م ن ح ح مريكان
مستقيمان متوازيين مثل م ن و ح ح و م ح و ن ح
وانما يكفي تلاقي هذه المستقيمان اثنين اثبتنا اذا ارادنا متدادها
(بيان اجراء العملية في قطع الاوتاد)

للمناشير المعدة لقطع الاوتاد على موجب مستواقي معلوم الانخفاض تحت
الماء حركة منتظمة بشاخصي م ن و ح ح (شكل ١٣)
الذين هما على بعد واحد من المستوى الافقي الذي تقطع عليه رؤس الاوتاد
ويكون منشار ض ط خطا مستقيما معترضا مد لولا عليه بخط

ض ط الموازي له وحيث كان هذا الخط الموازي على بعد واحد من
المنشار وكان مشدودا ببرؤا ض ط ض ط القائم ومستندا على
شاخصي م ن و ح ح فان المنشار يرسم مستويا مثل

م ن ح ح موازيا لبرؤا م ن ح ح

ولاجل ان يسهل التجار لوطن الخشب ويصلحه ويساويه يستعمل التي تسمى
القارة ويبدأ بصب اطراف هذا اللوح اعني انه يصيرها مستقيمة بواسطة

القنارة التي خشبها مستقيم وحديد هاريزيل جميع ما هو بارز على هذا اللوح ليحصل الاتقاد بين اللوح المذكور وخشب القنارة ثم يمسح بهذه الآلة مع اللورور من الجهة المنتهية الى الاخرى لرسم جملة من الخطوط المستقيمة المتوسطة المارة بخطوط الاطراف

ثم ان نشار الطول والنجار يعينان فوق الخشبة التي يريد اصلاح جهة منها وكذلك تختار رسم المستوى المراد عمله ثم يوجه النشار منشاره والقنارة فادومه على هذين الزمين

والى الان لم نعتبر الا مستويا واحدا وخطوطا مرسومة عليه فلنقابل بالتوالي المستوى مع الخطوط التي لا تكون كلها مظلوفة فيه وقابل ايضا عدة مستويات ببعضها فنقول انه يمكن ان يكون الخط المستقيم عمودا او مائلا على مستوي معلوم او موازيا له

فاذا فرضنا ان **أ ب** (شكل ١٤) هو الخط القصير الذي يمكن مده من نقطة **أ** على مستوى **م ن ح** فبناء على ذلك يكون ذلك الخط اقصر خط يمكن مده من نقطة **أ** المذكورة على اى خط مستقيم مرسوم في المستوى فاذا ن يكون هذا الخط عمودا على مستقيمي **ب هـ** و **ب ف** المرسومين على المستوى من موقع **ب** من هذا العمود فيقال حينئذ ان مستقيم **أ ب** هو العمود على مستوى

م ن ح

وبناء على ذلك يكون اولا العمود المتمدن اى نقطة على اى مستوي كان هو اقصر بعد بين النقطة والمستوى وثانيا يكون عمودا على سائر الخطوط المرسومة من موقعه في المستوى المذكور

وبالجمله اذا اخذنا مسطرة مثلثة لنديرها على احد ضلعي زاويتها القائمة فان الضلع الاخير يرسم بالضرورة مستويا

ويستعملون هذا الخاصية الهندسية الاخيرة في تركيب الآلات المأخوذة من علم النظر لعلى الهيئة والملاحظة وغيرهما

وحيث كان \overline{AB} (شكل ١٤) عمودا على مستوى \overline{MNC} ح
 بأن كل خط مثل \overline{AD} أو \overline{AE} يمتد من نقطة A على أحد خطوط

\overline{DF} المرسوم على المستوى يكون ماثلا بالنظر للنقط والمستوى
 وعلى ذلك يكون كل ماثل من ماثلي \overline{AD} و \overline{AE} بالنظر للسطح والخط
 المستقيم الطول من عمود \overline{AB} وكلتا باعداعنه كبرطوليهما

واذا فرضنا اتا مددنا من نقطة A سائر الخطوط المائلة التي يمكن مدها

على مستقيم \overline{DF} المرسوم على المستوى والمات بموقع B من

العمود فان كل نقطة مثل D و E وغيرهما من مستقيم

\overline{DF} ترسم دائرة في مستوى \overline{MNC} ح ونصير نقط

كل دائرة على بعد واحد من نقطة A التي هي من العمود المذكور

ويطلق اسم محور الدائرة على العمود النازل على مستوى هذه الدائرة الممتد

من المركز فاذن يكون هذا المحور عمودا على سائر انصاف اقطار تلك

الدائرة

وقد يكون محور البجلة عمودا على مستويها وبناء على ذلك اذا دارت هذه

البجلة على محورها فان كلا من قطبها يتحرك بدون ان يترك هذا المستوى

وعلى هذا لا يتغير موضع البجلة بالنسبة للاشياء المكتشفة بها وانما تأخذ نقطتها

المتنوعة مواضع بعضها

وقد بنوا على هذه القاعدة الهندسية حركة اجزاء الطاحون فجعلوا حجرين على

محور واحد فصارت اوجهم المستوية عمودية على هذا المحور فكانت بذلك

موازية لبعضها وكان احدهما من الحجرين يمسك ثابتا بخلاف الاخر فانه يكون

متحركا على هذا المحور الا ان البجلة المتحركة حين تدور بحيث يكون وجهها

المستوى الاسفل يدور معها وتكون حركته على نفسه تمكث دائما على بعد

واحد من الوجه المستوى الاعلى للبجلة الثابتة فعلى ذلك افا كان بعد هذه

البجلات منتظما بحيث لا يمكن لحبوب البر المرويين الحجرين من غير ان تقطن

فان الطعن حيث نديم سائر النقط الموجودة بين الجرين
وفي ذلك فائدة عظيمة ويلزم مزيد الضبط في اجراء عملية الالات فاذ كان
نوازي العجلات غير تام وكان عود الجرج المصغر غير عودي على مستوى هذه
العجلات بل كان له ميل قليل عند تحرك ذات اليمين وذات الشمال فان مستوى
الجرين لا يمكن ان دائما على بعد واحد في جميع هذه الصور واذا تقاربت
الاجزاء تقارب اياكليا من بعضها وبلغ الطعن الغاية في الشدة ترتب على ذلك
سحونة الجيوب وتلفها بخلاف ما اذا لم تتقارب الاجزاء اقربا مناسبا فانه يتعذر
طعن الحب ويكون دوران العجلات خاليا عن الفائدة فمراعاة الضبط في هذا
الشان اولى من مراعاة الزينة والزخرفة واتباع ما تسوقه النفس في ذلك
من الامور فلهذا الشرط لا بد منه في نجاح العملية

(بيان عملية خوط الاجسام)

قد تكون الخواص التي ذكرناها اقامت لعمله في القنون لرسم الدوائر بواسطة
المخرطة وهي آلة ذات تقطين ثابتين يعلق فيها الجسم الذي يراد خوطه
فاذا وضعنا هذه الآلة الحادة وضعنا ثابتا وادركنا الجسم فانها ترزىل اجزاء
الجسم البارزة وترسم فيه دائرة يكون محورها النقط المستقيم المار بتقطعتيها
الثابتين ويكون مركزها ايضا على هذا النقط المستقيم
فاذا فرضنا ان حد الآلة يتقدم في الرسم بالتدريج على صورة خط عمودي
على هذا النقط المستقيم فان جميع الدوائر التي ترسم بالتوالي بواسطة الحد
المذكور تكون موضوعة على مستوي عمودي على المستقيم المذكور المار
بطرفي المخرطة ولذا يمكن استعمال هذه المخرطة في رسم اي مستوكان وهذه
هي الطريقة المستعملة في معامل الالات التي يحتاج فيها لقطع السطوح
المعدنية او اطراف الاسطوانات التي ينبغي تحرير اطرافها على بعضها مع غاية
الضبط على ما تقتضيه صورة المستوى

(بيان استعمال الآلة التي ابتدعها برامة في شان)

* (قطع السطوح المستوية) *

كان برامة المذكورة برحول محور منتصب ثابت بحلة اقية محتوية على عدة آلات حادة وجميع هذه الآلات لا تبرز مع التساوى تحت مستوى الدائرة وانما تجتمع خمسة اوستة وتبرز بالتدريج وقد تكون قطعة الخشب المراد اصلاحها موضوعة على بحلة اقية تتقدم وتقرتحت البحلة ذات الآلات الحادة فحدود كل بحلة من الآلات المذكورة تخرط قطعة الخشب بحيث يكون اقل تلك الآلات بروزا يخرط الخرطة الاولى المقورة بالتدريج بواسطة الحدود الاربعة والخمسة من كل بحلة وبعد ذلك تكون القطعة المستمرة في التقدم مصلحة الجزء التالي بواسطة بحلة اخرى ذات خمسة حدود اوستة فاذا احدثت الآلات الحادة المنتشرة على محيط البحلة في قطعة خشب الجزء والضيقة جدا فان القارة الثابتة على البحلة والمساوية في الارتفاع للآلات الحادة البارزة اكثر منها تمر على قطعة الخشب التي ترسمها الآلات المذكورة وتزيل تعريجات هذه الخطوط وبذلك يتم تهذيب قطعة الخشب واصلاحها

وكل خطين عمودين مثل \overline{AB} و \overline{CD} (شكل ١٥) على مستوى واحد مثل \overline{MN} يكونان متوازيين ولاجل البرهنة على ذلك نمد من \overline{B} و \overline{D} اللذين هما موقعا هذين العمودين مستقيمين \overline{BD} على المستوى ثم نقيم على هذا المستوى من منتصف \overline{BD} وهو \overline{O} عمود \overline{OH}

فاذا جعلنا $\overline{OH} = \overline{OF}$ كانت قطعا \overline{B} و \overline{D} على بعد واحد من \overline{F} و \overline{F} وزيادة على ذلك يكون \overline{B} و \overline{D} على مسطوي \overline{MN} من خطي \overline{AB} و \overline{CD} العمودين على مستوى \overline{MN} على بعد واحد ايضا من تقاطع \overline{H} و \overline{F} ويسان ذلك انما اذا مدنا ما تلى \overline{FD} و \overline{HD} وكان هذان المائلان على بعد

بتمامه فاذا مددنا خطا منتصبا من نقطة اى مستوكان فانه ينبغي ان يكون موضوعا بتمامه في ذلك المستوى حيث انه مواز لمنتصب الاول الموضوع على المستوى المذكور

والمستويان المنتصبان يتقاطعان بالضرورة بواسطة مستقيم منتصب حيث انه يلزم ان يكون المنتصب الممتد من النقطة المشتركة بينهما موجودا بتمامه على كل من المستويين ويكثر استعمال المستويات الاقية والمنتصبة والخطوط المنتصبة في عدة من القنون لاسيما ما يتعلق منها بالعمارات وكذلك تكون في مساكن القريج الارضيات والسقوف والتحامات الحجارة الخشب والطوب الاخر من اسفلها واعلاها في الجدران العادية على اشكال مستوية اقية

واما مستويات الجدران الخارجية والداخلية والحواجر فهي مستويات منتصبة وكذلك الاضلاع التي تتكون من الجدران وجهات الابواب والشبابيك وغيرها فهي منتصبة الشكل لانها توجد كلها على مستويين منتصبين

وقرر في رسم الهندسة الوصفية وقطع الاجبار والاخشاب والمباني من حيث هي ان الرسم الاول يعمل على مستواقي والثاني على مستو منتصب واذا كان المستوى المذكور خارج العمارة يطلق عليه اسم الارتفاع واذا كان ماز بها يسمى بالقطع

واذا مر خط مستقيم بنقطتي $\overline{ا}$ و $\overline{ب}$ (شكل ١٦) اللتين على بعد واحد من مستوى $\overline{م ن ح}$ فان جميع النقط الاخرى من هذا المستقيم وهو $\overline{ا ب}$ تكون ايضا على بعد واحد من هذا المستوى

وبيان ذلك اننا اذا مددنا من $\overline{ا ب}$ متوازيات $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ح}$ و $\overline{ح ا}$ فانه ينتج معنا عند رسم مستقيم $\overline{ف د}$ في هذا المستوى ان $\overline{ا ب} = \overline{ف د}$

ث د م هما كان وضع قطعة ه

ويتألف من مجموع هذه المستقيمات النازلة من قطعة أ (شكل ١٦)
العمودية على أ ب مستوفاذن يكون أ ب مقياس ابعاد سائر قط
هذا المستوى من مستوى م ن ح ح وحيث يكون المستويان
العمودان على مستقيم أ ب المذكور على بعد واحد من بعضهما وكذلك
إذا كان خطا أ ب و ث د عمودين على احد المستويين فانهما
يكونان عمودين على المستوى الآخر ويقسلك انصر بعدين هذين
المستويين

وإذا تلاقى مستويان مثل ن ح ح و م ن ح ح فانهما
يتقاطعان في مستقيم ن ح

وبيان ذلك اننا اذا مددنا من قطبتين من قط التلاقى كقطتي ن ح مستقيما
فانه ينبغي ان يكون هذا المستقيم بتمامه على المستويين المحتويين على هاتين
القطعتين وبناء على ذلك يكون هذا الخط مشتركا بين هذين المستويين

وإذا فرضنا ان مستوى ن ح ح م يكون مائلا قليلا او كثيرا على
ن ح ح ر ص فانه يتصل معناه زاوية صغيرة او كبيرة مفصرة بين
مستويي ن ح ح م و ن ح ح ر ص وهالك كيفية قياس هذه
الزاوية

وهي ان نمد (شكل ١٧) في المستوى الاول خط ث أ وفي الثاني
ث ب عمودين على مستقيم ن ح المشتركين المستويين ويستدل
على الزاوية المتكونة من هذين المستويين بالزاوية المتكونة من المستقيمين
المذكورين

وإذا فرضنا ان مستوى ن ح ح م يدور حول ن ح كاليدور
حول اي محور كان فان كلا من قط هذا المستوى يرسم دائرة ويجوب

المستوى نفسه سائر المسافة الموجودة حول المحور إذا قطع كل من نقط محيط
الدايرة تمامه وإذا قسمنا هذه المسافة المقطوعة الى اجزاء متساوية فان كل
قطعة نرسم في كل جزء عددا واحدا من الدرجات وحيث يكون هذا العدد
معدا القياس زاوية المستويين الدائريين حول ن ح

وقد يعمل صناع آلات العلوم الرياضية للنجمين والملاحين ومهندسي
الجغرافيا آلات تقاس بها الزاوية الحادثة من مستوع آخر وتكون هذه
الآلات مصنوعة غالباً على حسب القاعدة التي ذكرناها آفا ويكون آ ب
الذي هو قوس الدائرة المدرجة (شكل ١٧) في مستوع محدد بخيوط

عضادتي ث أ و ث ب العموديتين على المستويين اللذين ينبغي
قياس ميلهما وتكون نهاية ب ثابتة على احد هذين المستويين وقطعة
أ التي يقطع القوس فيها المستوى الآخر دالة على عدد درجات ميل هذين
المستويين

ولاجل تحديد اتجاه مستو مائل نضعه عادة على مستواقي نخط تقاطع
المستوى المائل على المستوى الافقي هو المسمى باثر المستوى المائل وبناء على
ذلك اذا رسمنا بوجه عمودي على هذا الاثر اولا خطا اتقيا وثانيا خطا مستقيما
موضوعا على المستوى المائل فان الزاوية الواقعة المتكونة منهما تكون دالة على
زاوية المستويين

ويكون خط ث أ المائل (شكل ١٧) الذي يناه آفا مائلا اكثر
من كل خط مرسوم على المستوى المائل وهو ن ح ح تم

ولاجل البرهنة على ذلك نرسم افقي س و ص موازيا لآخر ن ح
من المستوى المائل و ث و أ عمودا على المتوازيين فيكون ن و
قياس بعدهذين المستويين فاذا انزلنا بنقط س و ص من المستوى
المائل الموضوع على ارتفاع واحد على نقط ح و ث و ن الخ

المساوية أيضا كان اقصر بعد اعني خط الارتفاع الاكبر هو خط و ا

العمودي على متوازي س و ص و ح ث ن

واذا انكلمنا على السطوح المخفية رأينا ان في استعمال الخطوط الاقبة
والخطوط ذات الارتفاع الاكبر فائدة عظيمة في رسم صورة هذه السطوح
على المستويات

وقد يكون كل من المستويين عمودا على الآخر اذا تألف منهما من جهتي
اليمين والشمال زوايا متساوية وتكون هذه الزوايا المسووجة بخطوط مستقيمة
عمودية قائمة

واذا كان مستقيم عمودا على مستوكان جميع المستويات الجديدة الممتدة من
هذا المستقيم عمودية على ذلك المستوى

وليكن ا ب (شكل ١٨) عمودا على مستوى م ن ح ح
و ف ع د ه هو المستوى الممتد من ا ب فاذا رسمنا على

م ن ح ح ا ب عمودا على ع د فان زاوية ب ا ب التي
يقاس بها ميل هذين المستويين تكون قائمة وبناء على ذلك يكون كل من
المستويين عمودا على الآخر

واذا كان المستويان المتوازيان مقطوعين بثالث فان مستقيمي التقاطع
يكونان متوازيين والافهما متلاقيان في بعض الجهات فاذا يتلاقى كل من
المستويين الاول والثاني اللذين هما جزء من هذين المستقيمين وبناء على ذلك
يكونان غير متوازيين

وكل مستقيمين متوازيين منحصرين بين مستويين متوازيين يكونان
متساويين ويان ذلك انما اذا مددنا من هذين المستقيمين مستويا ثالثا فانه
يقطع المستويين الاولين بحسب المتوازيين الجديدين المشتملين على المتوازيين
الاولين فاذا يكون المتوازيان المنحصران بين المتوازيين متساويين

وكل مستقيمين مثل ا ب ث و د ه ف (نشكل ١٩) مقطوعين
بثلاثة مستويات متوازية مثل ل ن ح و ج ز و ص ط
يكونان مقطوعين الى اجزاء متناسبة

ولاجل البرهنة على ذلك نأخذ ا ه ن موازيا د ه ف وحيث ان ه
و ف و ه و ف هي تقاطع هذين المستقيمين مع مستوى
ح ز و ص ط ينتج معنا ا ه = د ه و ه ن = ه ف
غير ان مستقيمي ا ب ث و ا ه ن موضوعان على مستوى واحد قاطع
لمستويي ح ز و و ص ط بحسب مستقيمي ب ط و ث ف
المتوازيين فاذن يحصل معنا هذه النسبة

ا ب : ب ث :: ا ه : ه ن :: د ه : ه ف

وقد بقي علينا ان نتكلم الآن على الزوايا المجسمة مثل ا ب ث المتألقة
من مستقيمتين وا و وب و وث الثلاثة المتلاقية في نقطة و
الدالة على ثلاثة اجزاء من مستويات اوب و بوث و ثوا
وقد دلل هذه الراوية كما يتراى لنا على ثلاث زوايا عادية مثل اوب
و بوث و ثوا وعلى الزوايا الثلاثة الحادة من المستويات
الماخوذة اثنين اثنين ويؤخذ من الهندسة الوصفية الطرق التي يعرف بها الزوايا
المتألقة مع المستويات من المتوازيات ومن الزوايا الحادة من الخطوط
وبالعكس

(الدرس السابع)

(في بيان الجسمات المنتهية بالمستويات)

قد ذكرنا لك خواص الخط المستقيم والدائرة ونحن بالتوالي عن الاشكال
التي تخدمها الصناعة اما بالخطوط المستقيمة او بالدوائر ولنتكلم الآن بهذه
الطريقة على المجسمات التي يمكن تحديد ها اولاً بواسطة المستويات
وثانياً بواسطة السطوح المخفية المأخوذة من الدوائر فتقول
كل مجسمين صليبين يكونان متساويين اذا فرض انهما خارجان من قالب واحد
كصورة نصف شخص وصورة صغيرة صانعها جباس واحد

وكل مجسمين صليبين مثل م ن و د ه ف و م و د ه ف
(شكل ٢٣) يكونان متماثلين الصورة والوضع اذا امكن اتصال قطعهما
المتقابلة بخطوط مستقيمة متوازية يكون منتصفهما على مستوى
ابث العمودى عليهما وهذا المستوى هو تماثل مجموعهما

(بيان اجراء العملية)

قد يحتاج في الصناعة لان يحدث في كل وقت اجسام متماثلة بالنسبة لاجسام
اخر واجسام مركبة من جزئين متماثلين كالعمارات المنتظمة والهياكل
والتصور المبنية على حسب مستوا واحد

وليس الغرض من الانتظام في العال بالازمنة والطاقة بالنظر لمحصلات
الصناعة المقصود منها الثبات والدوام كالبيوت والكنائس وغير ذلك
وقد يكون الانتظام المذكور لازماً لعدة عظيمة من الاجسام التي تحدث عدة
حركات متساوية مع السهولة جهتي اليمين والشمال وهذا هو الحكم في كون
القدرة الالهية جعلت لاغلب الحيوانات ضلعين متماثلين متصلين بمستوى
واحد عتمد في حركتها المتابعة الاعتيادية وعلى مقتضى هذا الاصل قد جعل
المهندس البحري جهتي اليمين والشمال من سفنه متماثلتين بالنسبة للمستوى
الذي يبين اتجاها السير المتوالي وقد تكون العربات ايضا متماثلة بالنسبة لهذا

المستوى الذي حسب قاعدة تضاهي هذا الاصل وهو جـ (راجع الجلد الثاني من الكتاب عند ذكر الالات)

والقضب هو واحد الاجسام الصلبة غير النهائية التي اوجدها المستوية منتهية بخطوط مستقيمة متوازية وتسمى اضلاعا ويتألف المنشور من قطع القضب بواسطة مستويين متوازيين ومن ذلك يفصل معنا القطعان المسجلان بالقاعدتين وهما شكلان كثيرا الاضلاع عند اضلاعهما مسار لعدد اوجه المنشور وقد يكون هذا المنشور قائما او مائلا على حسب كون القاعدتين عموديتين او مائلتين بالنسبة لاضلاع المنشور وقد يكون مخروطا ناقصا اذا لم تكن القاعدتان متوازيتين

ويكون المنشور القائم منتظما بالنسبة للمستوى الذي يقطع في زاوية قائمة من المنتصف اضلاعه التي تكون حيثنا عدة متمة لشروط الانتظام وهنالك ايضا مناشير ناقصة منتظمة بالنسبة للمستوى الذي يقطع كذلك في زاوية قائمة من المنتصف جميع اضلاعها

(شكل ١) ويكون المنشور المثلثي ثلاثة اوجه وزيادة على ذلك يكون له قاعدتان مثلثتان وجميع التغيرات التي تحصل في شكل المثلث تحصل ايضا في شكل المنشور المثلثي

(بيان اجراء العملية في علم النظر)

يستعمل الطبيعيون منشورا من زجاج او بلور لتحليل الضوء الذي تفصل اشعته المختلفة في حال مرورها ووجهها من المنشور لتدخل فيه ووجهها آخر تخرج منه وحيث يذرى بالتعريب الاقوى الالوان السبعة الاصلية وهي الاحمر والبرتقائي والاصفر والاخضر والازرق والبنفسجي وهذا هو الذي يطلق عليه اسم شعاع الشمس

(بيان اجراء العملية في علم المباني)

يستعمل البناء منشور ا ب ث د ف القائم المثلثي ذا القواعد

المنتظمة (شكل ٧) ليصنع سطح العمارات المنتظمة الذي له وجهان وقوصرات او حائط جلون ويستعمل المنشور ناقص المنتظم (شكل ٨) في السطوح ذات الجوانب الاربع وهذا الشكل هو شكل تلال الاجار المصطفة على جوانب الطرق التي ينبغي اصلاحها وحيث كان هذا الشكل منتظما وسهل القياس امكن في اسرع وقت تحقيق كمية الاجار التي يحتوي عليها كل تل وبهذا الداعي يكون ذلك الشكل كثير الاستعمال في تلال الرصاص والكلل المصنوعة التي في حوامل الطوبجية

(بيان اجراء العملية في الميكانيكة)

يستعملون في صناعة الآلات منشورا مثلثيا ذات قواعد منتظمة وشاخسا ثابتا تجوز به البراويز والعربات التي يراد أن يكون سيرها كامل الاستقامة والمنشور المربعي (شكل ٢) هو الذي يحتوي على اربعة اوجه ويكون كل من قاعدتيه شكلا مربعا كما يدل على ذلك اسمه فاذا كان المربع متوازي الاضلاع فان المنشور يسمى متوازي السطوح ويسمى ايضا متوازي المستطيلات اذا كانت جميع اوجهه زوايا قائمة وزيادة على ذلك اذا كانت القاعدة مربعا فانه يسمى متوازي السطوح المربعي وهو يشبه بالمسطرة التي تستعمل لتسطير الورق وبالجملة فاذا كانت جميع اوجه متوازي السطوح مربعات فانه يسمى قدحاً مكعباً وهو ما يستعمل في لعب الترد

وللمناشير القائمة المربعة ذات القواعد المنتظمة مستويات منتظمة موازية لاضلاعها ومارة بمجور تماثل كل قاعدة

فاذا كانت القاعدة مستطيلة كان المنشور ثلاثة مستويات منتظمة موازية للاوجه الستة المأخوذة منى منى واذا كانت القاعدة شكلاً معيناً كان المنشور ثلاثة مستويات منتظمة احدها المستوى الذي يكون على بعد واحد من القاعدتين ثانيها وثالثها المستوى المارة باقطار الشكل المتوازية من قواعد المعينات

وفي المكعب تسعة مستويات متماثلة منها ثلاثة موازية للاوجه وثلاثة مارة

بلقطة الشكل هذا الوجه

وفي كل من هذه المناشير تمر مستويات التماسيل بالنقطة المعلومة التي هي مركز المنشور وتقاطع متنى متنى على الخطوط المجرولة اقطارا ومحاورا المنشور المذكور * وهذه النقطة وتلك الخطوط خواص نافعة في علم الميكانيكة سنذكرها في المجلد الثاني من هذا الكتاب (عند ذكر الالات)

(بيان اجراء عدة عملاء مختلفة)

يستعمل النجار وقطاع الخشب والحداد وجم غفير من ارباب الصنائع المناشير المنتظمة ذات الالوجه الاربعة وقد تكون شواحي البيوت الافرنجية وعوارضها وما راخشاب السقوف مناشير من هذا الجنس وكانت في قديم الزمان مناشير مربعة القاعدة لكنهم منذ عرفوا تقويم قوتها لخشاب حق المعرفة عرفوا فائدة استعمال المناشير الدقيقة الرفيعة في صورتها اذا كانت هذه المناشير ثقيلة قليلا واستعمال المناشير العريضة في صورتها انما كانت ثقيلة كثيرا

وقد تكون الاعمدة المربعة والجمالات المربعة اشكالا متوازية المستطيلات

(بيان المناشير البلورية)

وشاهدنا غالباً فيما اوجده الله تعالى في التبرلات الطبيعية من الاشكال الهندسية المتنوعة المضبوطة مناشير مثلثية ومربعية ومسدسية ومخمنية وغير ذلك واعلم ان معرفة هذه الاشكال البلورية من اعظم العمليات الهندسية حيث نشأ عنها معارف قبيصة تتعلق بالجواهر التي يتركب منها هذا البلور وبالجملة فاذا قمنا هذه التباورات قسمة مضبوطة على حسب الالوجه التحام اشكالها الاصلية فاستانعرف بواسطة الهندسة جميع تنوعاتها وبين متانة الاشكال الطبيعية حتى الاختلافات العظيمة في القوام ولتبين الان الطرق المستعملة في قطع المنشور القائم في جسم اى شكل كان فنقول

اذا مددنا بقرب الجسم الذي يراد قطعه الى منشور وزا موازيا للاتجاه الذي
 ينبغي جعله للاضلاع مع فرض ان ذلك الاتجاه افقي لاجل السهولة فانتا
 نضع على هذا الزوا احد ضلعي المسطرة الثلثية الموضوعة وضعنا اقصيا ثم نعين
 على هذا الجسم بواسطة الشاقول الذي نوجهه على امتداد الضلع الاخر من
 المسطرة المذكورة عدة نقط تكون فيما بعد لقاعدة المنشور المراد رسمه وبعد
 تمام ذلك تقطع بالقاس او بالمشار او باي آلة كانت الجسم على حسب المستوى
 المنتصب الذي يمر بالنقط المعينة ثم نرسم على هذا المستوى كثيرا للاضلاع
 المتألف من القاعدة وثقب من مبداء كل رأس من رؤس كثير الاضلاع
 المذكور نقوب في الجسم يكون عمقها من جميع جهاته عموديا على هذه القاعدة
 وتكون هذه الثقوب اضلاعا للمنشور ثم فصلح من كل ضلع الى آخر الجسم على
 حسب القواعد المذكورة في الدرس السادس ولاجل صحة العملية يلزم
 ان تثبت من مبداء الامران للاضلاع تكون عمودية مع الاحكام والاتقان
 على مستوى القاعدة وعلى اضلاع هذه القاعدة التي تتلاقى مع كل ضلع
 ولاجل مزيد التحقيق ننظر هل جميع الاضلاع تبقى على بعد واحد في سائر
 الجهات ام لا وهذا امر ضروري لا بد منه وانها تكون موجودة مثنى مثنى
 في مستوا واحد وهذا يدرك بمجرد النظر متى لوحظ ان اى ضلع من الاضلاع
 يمكن ان يمتد عن الناحية جميع نقط الضلع التالي او المتقدم عليه مباشرة
 فاذا راي ان يمتد علينا الاعمال القاعدة الثانية فترسمها بواسطة مسطرة مثلثية
 بان نمد على اوجه المنشور عدة اعمدة على الاضلاع بشرط ان يكون الاخير من
 هذه الاعمدة يعود مع غاية الدقة والضبط الى النقطة التي ابتدئ منها برسم
 العمود الاول وهذه هي القاعدة المستعملة عند تجارى البيوت ومهندسى
 السفن

وانا قطعنا الوجه الاول من المنشور وارادنا عمل الالوجه المتلاصقة فانتا
 نستعمل المسطرة الثلثية الصحيحة او الفاسدة في مسح الزوايا المتألفة من هذه
 الالوجه وحدها ومع القواعد وثقب من مسافة الى اخرى على الوجه الذي

في العمل ثقباً حقيقة بحيث يكون احد ضلعي المسطرة المثلثية داخلاً في ماع
الضبط والضلع الاخر واقفاً على الوجه المصنوع قبل ذلك فاذا كان كل من
ضلعي المسطرة المثلثية متجهاً اتجاهها عمودياً على الضلع الذي يفصل الوجه
المصنوع من الوجه الذي يراد عمله فان عمق الثقب يكون واقفاً مع الاتقان
على هذا الوجه الاخير

وبعد ان تجهز من مسافة الى اخرى الخطوط المؤشرة لا يبقى علينا الا رفع
المادة واصلاحها بين هذه الخطوط لاجل عمل الوجه الجديد

وقد يرسم بالنظر لعلم الهندسة بواسطة الخطوط التي لا تدل على اختلاف
ما بامتدادها ووضعها الاشكال الهندية والمجوفة القابلة للتعشق في بعضها
مع الدقة والضبط الا انه عند العملية يكون الاختلاف بين نوعي الاشكال
الهندية والمجوفة عظيماً جداً

وقد يظهر لنا من صناعة المناشير شاهد على ذلك وقد بينا آفاً الطرق التي
بها يمكن عمل المنشور المجوف بواسطة الليكار والمسطرة العادية والمسطرة
المثلثية وسائر الآلات الحادة فاذا كان المراد عمل منشور مقعر وكان ذلك
المنشور متوازي المستطيلات مثلاً كاعلب العلب المستعملة في المعامل
الصغيرة والمعدة لنقل الاشياء بدأنا بجعل سمك الألواح مستحسننا وبعد ان
تفصل هذه الألواح بالمسطرة المثلثية في العرض والطول المطلوبين تكون
مناشير محدبة وتكون بمنزلة الواجهة للمنشور المجوف المراد عمله ويكون
انسان منها متقابلين على حسب طول العلية وعرضها واثنان على حسب
طولها وارتفاعها واثنان آخران على حسب ارتفاعها وعرضها ثم نضعها
بجوار بعضها بان نضعها امامنا بواسطة المسامير او بالفتاوا اما الجهة التي يراد
قلمها بكيون او قفل فانها توصل بواسطة مشبك كالرزة مثلاً فاذا كانت
الألواح مفصلة مع الضبط حدث بالضرورة عن اتصالها ببعضها شكل متوازي
السطوح وانما ينبغي التنبيه على ان الواح الواجهة تكون بالنظر لسمكها منضمة
في زاوية مقدارها ٤٥ مضروقة في خطي \overline{AA} و \overline{BB} و علم جراح

(شكل ٣) اومستوية كما في شكل ٤

واذا كانت العلبة متسعة جدا بحيث لا يمكن ان يكون عرض اللوح وجهها من اوجيها فانسجم اليه عدة ألواح متلاصقة واذا لم يكن المطلوب شغلا محتاجا للاتقان فانسجم عوارض حيث ما اتفق ونضمها بواسطة المسامير التي تكون في العلبة من جهة واحدة كالمهندسين العادية المعدة لحفظ المهمات والبضائع التي تنقل بواسطة العربات المعدة للنقل

فاذا كان المطلوب ابرأ شغل مهم فانسجم الألواح الى بعضها بان تقطع

اولا على ساحة احدها الذي هو **ب د ح ح** (شكل ٥) اساما

مخوفا وقطع ثانيا على ساحة اللوح المتصل الذي هو **ب د ن م**

حرا متصلا بالصورة لكي يدخل فيه اللسان مع غاية الضبط والاحكام

وليس اللسان في الحقيقة (شكل ٥) الامشور امحدا قائم الزوايا وليس

الحز ايضا الامشور امخوفا قائم الزوايا وبناء على ذلك يمكن عمل كل منهما

بواسطة القارة كما سنرى لك ذلك

وكذلك العاشق والمعشوق (شكل ٦) فانهما منشوران قائما

الزوايا احدهما محدد والثاني مخوف وحيث كانا مضاهيين في ذلك للجزور

والالسة كانا منفصلين على وجه ينضمان به الى بعضهما مع غاية الدقة والضبط

فاذا اقتضى الحال ضم منشورين الى بعضهما بواسطة المسطرة المثالية

فانسجم عمل كلاهما الى العاشق والمعشوق ويمكن تفصيل العاشق بواسطة

المشار بمخلاف المعشوق فلا يمكن تفصيله الا بالمقراض وزيادة على ذلك يلزم

لمذا الاخير مدة طويلة من الزمن وهذا مثال يدل على الصعوبة التي يكابدها

الشغال في عمل المنشور المحدب والمخوف

وقد يظن هر لنا من فن التجارة وفن قطع الاخشاب زيادة على ما ذكرناه ايضا من

الاشكال الاخر على ان يدبعة موجهة تتعلق بالاشكال المنتهية بالمستويات

ومنها ما هو مخوف ومنها ما هو محدد وهي متعشقة ببعضها وتعشقا

جيدا

ويحتاج قطاعوا الاخشاب في الغالب الى عمل المناشير اورجها بواسطة قطع
خشب تتركب منها اضلاع المناشير كما في تركيب السقوف مثلا فيظهر لنا
من شكل ٧ تخطيطية السقف الذي يكون على صورة منشور مثلثي برزدي
الارتفاع على منشور مربعي اى يت قائم الزوايا متخذ من الخشب ولاجل عمل
هذا البيت ينبغي القطاع الخشب ان يجعل كثيرا من المسائل الهندسية السهلة
بموجب القواعد المقررة في هذه الدروس وينبغي له ايضا معرفة مساحة كل
قطعة من التخشبية وتحصيل طولها وشكلها الحقيقي مع رواياها
المرتفعة المنقولة على قطع الخشب التي يوصلها على حسب الصورة المستحسنة
وغير ذلك

وبناء على ذلك ينبغي لقطاع اخشاب البيوت معرفة ما تراصول الهندسة
التي ذكرناها آنفا لتيسر له العمل عليها مع الضبط بدون توقف في الاحوال
العارضة التي يكون عمل الجاهل فيها بالصدفة والاتفاق فيكون فاسدا
في الغالب

وقد يتقع علم الهندسة ايضا مهندس السفن حيث يلزمه احداث اشكال
تحتاج الى الغزارة في العلم ويكون حسنهما منوطا بعلمة العملية بواسطة العلوم
الهندسية

وهنا الشكل اسهل من المنشور في الظاهر لان اوجهه اقل من اوجه المنشور
المذكور لانه اصعب منه في الحقيقة حيث ان اوجهه غير متوازية وهذا
الشكل هو الشكل الهرمي

ويتركب الهرم كما في شكل ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ٢٠
من اوجه مستوية مثلثة تكون رأسها في نقطة واحدة ويتألف منها
قاعدتها شكل كثير الاضلاع المستوي وهذا الشكل هو قاعدة الهرم
وكذلك الرأس المشتركة بين تلك الواجه المثلثة تكون رأس الهرم
وتكون قاعدة الهرم التماثل شكل كثير الاضلاع التماثل وتكون رأسه
موضوعة في مستوى التماثل

مواضع الهرم المنتظم هي كثير الاضلاع المنتظم وزيادة على ذلك يلزم ان تكون رأس الهرم ومركز القاعدة على مستقيم عمودي على مستوى هذه القاعدة فإذا فرض ان القاعدة اقية لزم ان تكون رأس الهرم قائمة على مركز القاعدة ويكون الشاقول الموضوعة في هذه الوجهة عمودا على محور الهرم المنتظم

وقاعدة الهرم الثلاثي الذي هو أ ب ث (شكل ١٢) هي مثلث

أ ب ث وقاعدة هرم أ ب ث د أربعة الرباعي (شكل ١١) مربع ب ب ث د ه ومثلث ب ب د ه

وكذلك تكون شقوق القلاع والابرار سواء كانت مثلثية او مربعة اهراما قاعدتها المثلث او المربع المتألف من زوفا البرج والودور (شكل ١٠ و ٩) وكذلك تكون البرابي او المسلات اهراما منتظمة كالانار العمودية وهي في العادة اهرام مربعة ولنشرع الآن في كيفية عمل مسلة من حجر تكون اقية اعني ملقاة على الارض ويكون محورها اقية ايضا وقاعدتها منتصبة قائمة فنقول

نقطع في الصخر او في حجر الصوان مستويا منتصبا ونرسم عليه مربع

ب ب ث د ه (شكل ١١) المستعمل قاعدة للمسلة ثم نبني بقطع

الوجه الاعلا وهو أ ب د ووجهي أ ب و أ د ه المتصلين

بعضهما وبنلاحظ اولامع غاية الضبط ان الزوايا المتألفة من اوجه أ ب د

و أ ب و أ د ه ومن مستوى القاعدة تكون مساوية بالكلية

لزوايا المسلة المرسومة وتكون هذه العملية مضبوطة اذا ثبت ان رأس

أ تكون على مستقيم أ و العمودي على مستوى القاعدة المار بمركزها

وهو و واذا جعلنا و م على مستوى القاعدة ثم جعلنا ان

موازيا ومساويا لخط و م المذكور فانه بواسطة تلك الكيفية يرى

في اتجاهين مختلفين ان مستقيم ن م الذي يلزم موازاة لخط أ و يكون

محمود على أن و م ضلي ذلك يكون محمور و أ ع موديا في المستقيم
 للرسمين من قطة و على مستوى القاعدة ويكون هذا الهرم موديا
 ايضا على ذلك المستوى فاذا كانت سائر الشروط متوفرة وكان الخطان المتساويين
 عنها ينافيا ليق علينا العمل وجه أ ب ه الاسفل الذي يكون مستويه
 محدودا بضلي أ ب و ه

فاذا اريد عمل هرم مثلثي على اى صورة كانت في كتلة من الحجر
 او الخشب مع فرض معرفة صورة القاعدة والزوايا المتألفة من مستوى هذه
 القاعدة ومن الواجه الثلاثة الانحرافاتا ترسم وقطع الوجه المستوي
 على حسب القواعد المقررة في الدرس السادس ثم ترسم بواسطة المسطرة
 المثبتة التي يكون ضلعاهما متجهين اتجاههما موديا على ضلي
 القاعدة الواجه الثلاثة المستوية وفي أ ب و و ب ث و

و أ ث و (شكل ١٢) التي تكون منها مع القاعدة الزوايا المقررة
 وهذه الواجه الثلاثة هي اوجه شكل الهرم

وفي الغالب يكون وضع الرأس معينا (شكل ١٢) بنقطة م التي
 يقع فيها عمود و م على القاعدة وعلى ارتفاع و م وفي هذه الصورة

ترسم القاعدة وتجعلها مستوية ثم تقيس بالشاقول ارتفاع ش ح

و ح ز المساويين لخط و م فاذا كانت قطعتا ح و ن

مساويتين لمستوى القاعدة فاطرسم و ر = م ح و و ح

= م ن فتكون قطة و التي يتلاقى فيها خطا و ر و و ح

الاقبيان رأس الهرم ومع كانت الرأس معلومة فاسا نصغرا ولا حجم كتلة

الخشب او الحجر بان نحدد فيها حوزا على هيئة خط مستقيم بموجب خطوط

و أ و ب و و ث ثم نسطح تلك الكتلة بين هذه الخطوط
 المستقيمة

ويسهل علينا في بعض الصور بواسطة الرسم الهندسي ان نبدا باخذ مساحة
 زوايا الواجه الثلاثة التي على القاعدة ثم ترسم هذه الواجه من غير ان يحصل

مشقة في وضع الرأس

ولذا ينبغي ان نحدد (شكل ١٣) من نقطة M التي هي موقع عمود OM النزول من الرأس على القاعدة OM و OM و OM في العمودية

على خطوط AB و BC و CA على وجه التناظر ثم نرسم في جهة اخرى مثلثات OM و OM و OM في القاعدة الزوايا فتكون زوايا OM و OM و OM زوايا الواجهة الثلاثة من الهرم والقاعدة

ويظهر لنا من القواعد التي لابد منها في رسم المثلث الشروط الضرورية في تساوي المثلثين وكذلك تساوي الهرمين فيكون كل هرمين مثلثين متساويين بقيود اربعة الاول ان تكون الواجهة الثلاثة من احدهما مساوية للواجهة الثلاثة من الاخر الثاني ان يكون الوجهان والزوايا المستوية المحصورة بينهما من كل من الهرمين المذكورين متساوية الثالث ان يكون الوجه والزوايا الثلاثة المستوية التي ينسب اليها هذا الوجه متساوية في كل منهما ايضا الرابع ان تكون الاضلاع الستة متساوية في كل منهما ايضا وهم جرا

وللتدريب على عمل الاهرام ورسمها وحسابها فائدة عظيمة في العمليات التخطيطية التي لا تكون فيها النقط المراد تحديد وضعها في مستوا واحد على ذلك تنقل وضع كل نقطة رسمناها الى وضع النقط الثلاثة الاخر التي تكون منها المثلث المجهول فاعادة وتقيس بواسطة الآلات التي هي الفرا فومتر ودائرة التكرار والتبديد الزاوية التي يصنعها الشعاع النظري الممتد من رأس كل مثلث مجهول فاعادة الى الشيء المرصود اما بواسطة ضلع القاعدة او بواسطة مستويها فاذا انضمت الاشعة الثلاثة النظرية الى ثلاثة اضلاع القاعدة فانه يتألف منها الهرم الذي تكون رأسه النقطة المرصودة وهذه العمليات المعجبة مقصورة على الصنائع العلمية كصناعة مهندسي

الأدور غير أقياس أو الجدران أو منافع المساحين المتوطين والعمليات الحسابية
بكالعمليات التي تتعلق بحساب التباديل ويعبرها بخصائصها
وإذا كان أي جسم منتهيا من جميع جهاته بأوجه مستوية كان هذا الجسم
تكون منتهية أيضا بخطوط مستقيمة يتكون منها مضلعات مستوية ومن
المعلوم أنه يمكن تحليل هذه الأشكال كثيرة الاضلاع الى مثلثات فعلى هذا

إذا جعلنا نقطة $و$ في داخل جسم $ا ب ث$ الخ (شكل ٢١)
كانت على حسب ما ترومه فيمكن ان نعتبرها أولا كراس عدة اهرام مضلعة
تقدر ما يوجد من الأشكال كثيرة الاضلاع المعتبرة وأوجهها لهذا الجسم وثانيا
نعتبرها كراس عدة اهرام مثلثية بقدر ما يمكن رسمه من المثلثات على هذه
الأوجه وفي هاتين الصورتين يحدث عن مجموع هذه الأهرام الجسم بتمامه
(بيان مساحة الاجسام المنتهية بأوجه مستوية)*

حيث ان المربع قد يجعل قياسا للسطوح لزم جعل المكعب الذي هو جسم
منته من جميع جهاته بالمربعات قياسا للجسم
وتكعب الجسم هو معرفة عدة مرات احتواء ذلك الجسم على المكعب
الماخوذ وحدة ولنبدا ببيان الكيفية التي يقاس بها حجم المكعب الاكبر بواسطة
المكعب الاصغر فنقول

لنفرض مثلا ان ضلع المكعب الاكبر هو $ث$ (شكل ١٤)
يكون محتويا عشر مرات على ضلع المكعب الاصغر وهو
 $ث$ فنقسم المكعب الاكبر الى عشر قطوع موازية لاحد اوجهه وممتدة
في السلك ويكون هذا السلك ممكلا للمكعب الاصغر وتكون قواعد هذه
القطوع محتوية عشر مرات مضروبة في مثلها على احد اوجه المكعب
الاصغر وكل قطع منها يحتوي على المكعبات الصغيرة عشر مرات مضروبة
في مثلها فاذا ن يكون مجموع القطوع العشرة محتويا على المكعبات الصغيرة
عشر مرات مضروبة في ضلعها ويشار الى هذا الضرب بهذا الرقم ١٠
واذا انصبنا على هذا المنوال وعرفنا ان $٢ \times ٢ \times ٢ = ٨$ و ٣

$\times \# \times 3 = 27$ وهم جواعلنا ان اضلاع المكعب الاكبر اذا كانت
تحتوى على ضلع المكعب الاصغر قد رعد بمن هذا الارقام وهى ١ و ٢
و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩ و ١٠ فانه يوجد في المكعب
الاكبر من المكعبات الصغيرة ١ و ٨ و ٢٧ و ٦٤ و ١٢٥ و ٢١٦ و ٣٤٣ و ٥١٢ و ٧٢٩ و ١٠٠٠ ول اجل الاختصار في ذلك نقول ان
٨ هي مكعب ٢ و ٢٧ مكعب ٣ و ٦٤ مكعب ٤
وهم جواعلنا عدد المكعبات الصغيرة المحتوى عليها المكعب الاكبر الذي
يكون ضلعه مساويا لاضلع المكعب الاصغر ٢ و ٣ و ٤ من المرات
وجم المنشور المربع يساوى حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه
ظنر ان اول المنشور المستطيل كما في (شكل ٩٥) تقسمه بالنظر
لقاعدته الى عدة قطوع بقدر ما يحتوى ارتفاعه من المرات على وحدة
القياس اى ضلع المكعب الاصغر المأخوذ وحدة ذلك ويوجد مكعبات صغيرة
في القطع بقدر مرات احتواء قاعدته ذلك القطع على قاعدته المكعب الاصغر
فلي ذلك يكون عدد المكعبات الصغيرة الكلى مساويا للعدد الدال على سطح
القاعدة المضروب في العدد الدال على الارتفاع وهذا هو المسمى بحاصل ضرب
القاعدة في الارتفاع

وكل منشورين قاعدتهما المستطيلة واحدة وارتفاعهما واحد ~~كان~~
احدهما وهو $اع$ قائما (شكل ١٦) والاخر وهو $آع$ مائلا
فلن جميع ما يكون واحدا

ولاجل البرهنة على ذلك نلاحظ ان منشوري $اب$ و $آب$ هـ

و $دش$ ع شـ غ الثلاثين متساويان لان ارتفاعهما وهو

$اب$ واحد وقاعدتيهما $ا هـ$ و $دش$ شـ مثلثان متساويان

لان $ا هـ = دش$ ولان الضلعين الاخرين متوازيان على التناظر

فاذا اضفنا الى متوازي السطوح وهو $اب$ ثـ $د هـ$ ف ع شـ

منشور $دش$ ع شـ غ المثلث وطرفه مساويه وهـ

أبث هـ ف هـ تحصل معتامشور أبث د هـ ف غ ش
الترجي المائل فاذن يكون هذا الأخير معتد الجسم مع المنشور المستطيل الذي
تكون قاعدته واحدة وارتفاعه واحدا

ولتبيين مع السهولة ان جسم منشوري أبث د هـ ف غ ش
و ا ر ث هـ ف غ ش (شكل ١٥) معتد مع جسم اي
منشوري يكون ارتفاعه واحدا وقاعدته شكلين متوازي الاضلاع
مسطحهما مساو لسطح قاعدة أبث د المستطيلة
وجسم المنشور القائم المثلي يساوي حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه

وذلك لانه يمكن تقسيم كل منشور مربعي مثل أبث د هـ ف غ ش
(شكل ١٦) الى منشورين مثلثيين متساويين في الحجم وهذا التساوي
يحصل ايضا اذا جعلنا اضلاع متوازي السطوح مائلة بدون ان تتغير قاعدته
وارتفاعه لان سطح قاعدة المنشورين الثلثين الذي هو أبث
او ا د ث يكون نصف سطح أبث د الذي هو قاعدة متوازي
السطوح فاذن يكون حجم المنشور المثلي مساويا لحاصل ضرب قاعدته
في ارتفاعه

وجسم كل منشور كثير الاضلاع مثل أبث د هـ و ا ر ث هـ
(شكل ١٨) يساوي حاصل ضرب قاعدته في ارتفاعه
وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذا المنشور الى عدة مناسير مثلثية بقدر احتوائها
قاعدته وهي أبث د على مثلثات مثل أبث و ا ث د الخ
يكون ارتفاعها عين ارتفاع المنشور الكلي فيكون حجمها الكلي هو مجموع
القواعد المثلثية التي هي أبث و ا ث د و ا د هـ مضروبا
في الارتفاع

* (بيان تكعيب شكل الاهرام) *

وانبسط الهرم المثلث فنقول

حجم الهرم المثلث هو ثلث حاصل ضرب قاعدة في ارتفاعه

وبرهان ذلك اننا اذا اخذنا اي منشور مثلثي مثل أ ب (شكل ١٩)

وقطعناه بمستوى أ ب ه المار بنقط أ ب الذي هو ضلع القاعدة

ونقطة و التي هي رأس الزاوية فنحصل مضاعفا أ ب ه

المثلثي الذي تكون قاعدته وارتفاعه عين قاعدة المنشور وارتفاعه ونقطة و على

الهرم المربعي الذي قاعدته أ ب د ورأسه ه فنقسمه بمستوى

أ ب ه الى هرمين مثلثين فيحصل مضاعفهم أ د ه المطلوب الذي

قاعدته د ه ف ورأسه أ فعلى هذا تكون قاعدة هذا الهرم وارتفاعه

عين قاعدة المنشور وارتفاعه وبالجملة اذا قابلنا هرم أ ب ه وهو الثالث

بهرم أ د ه فانه يترأى لنا انه يساويه في الحجم لانهما ابعثنا مثلث

أ د ف = أ ب ف بالنظر لقاعدتيهما كان رأس الهرمين وهو

ه واحدا فاذن يمكن اعتبار حجم كل منشور مثلثي مكافئا لحجم ثلاثة اهرام

ارتفاعها واحد وقاعدتها واحدة فعلى ذلك يكون حاصل ضرب قاعدة

كل هرم في ارتفاعه الذي هو حجم المنشور مساويا لثلاث مران لحجم هذا

الهرم

وحجم اي هرم كان (شكل ٢) يساوي ثلث حاصل ضرب القاعدة

في الارتفاع

وبرهان ذلك ان تقسم القاعدة الى مثلثات مثل أ ب ث و أ ب د

و أ د ه الخ يكون كل منها قاعدة لهرم مثلثي رأسه نقطة و ويكون

قياس كل من هذه الاهرام الثلثية أ ب ث أ ب د و أ ب د

الخ مضروبا في ثلث ارتفاع و س المشترك فعلى ذلك يكون قياس

الهرم الكلي هو حاصل ضرب القاعدة الكلية في ثلث هذا الارتفاع .

بيان كيفية الجسم المنتهى من جميع جهاته بأوجه مستوية على حسب المطلوب (شكل ٢١).

لذا جعلنا في هذا الجسم أى نقطة مثل $و$ رأس الأهرام الذى تكون قاعدته $ا ب ح د$ وأوجه الجسم المستوية فان مسطح كل وجه مضروباً فى ثلث بعده من رأس $و$ يكون حجم الهرم المقابل ويكون مجموع الخواصل حجم الجسم وتقسيم هذه الطريقة ينبغي المكث فى داخل الجسم ذى الأوجه المستوية وقياس بعد كل وجه عن هذا المستوى مع الضبط وعدم التساهل والافاضى بناءً على الوقوع فى عمليات هندسية جويدة مشكلة لتقليل سرعة هليان الصياغة وسهولتها وهذه الطريقة أخرى تفضل الأولى فى السهولة والسرعة ولنبحث قبل ان نتصدى لنذكر هذه الطريقة عن تقويم حجم المنشور

الناقص المثلثي مثل $ا ب ج د ه$ (شكل ٢٢) ثم تقسمه الى ثلاثة اهرام وبجعل قاعدته الأولى $ا ب ح د$ وارتفاعه $ه$ فحجم ذلك يكون حجم قاعدة $ا ب ح د$ مضروبة فى ثلث $ه$ والثانى الذى قاعدته $ا ب ج د$ ورأسه فى $ه$ يكون مكافئاً للهرم الذى رأسه فى $ب$ وقاعدته $ا ب ج د$ والثالث الذى قاعدته $ا ب ج د$ ورأسه فى $د$ يكون مكافئاً للهرم الذى رأسه فى $ا$ وقاعدته $ا ب ج د$ فاذن يكون منشور $ا ب ح د$ فى $ه$ المكافئ للهرم الثالث الذى هو $ا د ه$ مكافئاً للهرم $ا ب ج د$ فى $ه$ ويكون مكافئاً فى الحجم للأهرام الثلاثة التى قاعدتها المشتركة $ا ب ح د$ وروءها المتناظرة فى $د$ و $ه$ و $ف$ على نهاية الاضلاع الثلاثة

فاذا كانت تلك الاضلاع عمودية على القاعدة كان حجم الأهرام الثلاثة والمنشور الناقص هو سطح $ا ب ح د \times \frac{1}{3} (ا د + ب ه + د ه)$

فاذا كان المطلوب حجم منشور من $و د ه$ فى الناقص (شكل ٢٣)

المشورين مستوي من و و دهف المائلين على اضلاع المنشور
فالتالاجلي ذلك قمران ابث يكون عموديا على هذه الاضلاع
فيتصل بمعاما يأتي وهو

$$\text{جم } \overline{\text{ابث د ه ف}} = \text{سطح } \overline{\text{ابث}} \times \frac{1}{4} (\text{اد} + \text{به} + \text{ث ف})$$

$$\text{وجم } \overline{\text{ابث م ن و}} = \text{سطح } \overline{\text{ابث}} \times \frac{1}{4} (\text{ام} + \text{بن} + \text{ث و})$$

فاذن ينتج من ذلك

$$\text{جم } \overline{\text{من و د ه ف}} = \text{سطح } \overline{\text{ابث}} \times \frac{1}{4} (\text{دم} + \text{هن} + \text{فو})$$

ويسهل علينا بواسطة هذه القواعد تحديد حجم الجسم المنتهي باوجه مستوية
بان تقسم هذا الجسم الى مناشير كلمة ومناشير ناقصة مثلثية يسهل معرفة
حجمها على القور فيكون مجموع هذه المجزوء هو نفس حجم الجسم
ويمكن ان نبرهن مع السهولة على ان حجم كل منشور تام او ناقص مربعي مثل

$$\overline{\text{ابث د ه ف ع ش}} \text{ (شكل ٢٤) اضلاعه عمودية على قاعدة } \overline{\text{ابث د}} \text{ هو سطح هذه القاعدة مضروبا في ربع مجموع الاضلاع الاربعة التي هي } \overline{\text{اه}} \text{ و } \overline{\text{بف}} \text{ و } \overline{\text{شع}} \text{ و } \overline{\text{دش}}$$

ويبان ذلك اتنا اذا قسمنا بالنوال المنشور المربعي الى منشورين مثلثيين

$$\text{كمنشوري } \overline{\text{ابث ه ف ع}} \text{ و } \overline{\text{ادث ه ش ع}} \text{ ثم الى منشوري}$$

ابده فش و ب ث د ف ع ش تحصل معناجم

المنشورين الاولين $\frac{1}{4}$ سطح اب ث د $\times \frac{1}{4}$ (اه)

+ ب ف + ش ع + اه + د ش + ش ع

وجم المنشورين الآخرين $\frac{1}{4}$ سطح اب ث د $\times \frac{1}{4}$ (اه)

+ ب ف + د ش + ب ف + ش ع

+ (د ش)

فاذا اخذنا مجموع هذين الحاصلين تحصل معناجم المنشور الرباعي مرتين

$\frac{1}{4}$ سطح اب ث د $\times \frac{1}{4}$ (٣ اه + ٣ ب ف

+ ٣ ش ع + ٣ د ش) فاذن يكون حجم المنشور الرباعي

في حد ذاته $\frac{1}{4}$ سطح اب ث د (اه + ب ف + ش ع

+ (د ش)

(اجراء العملية في تكعيب قارين السفن)

قد تقدم لنا في الدرس الثاني انه يمكن تقسيم القارين الى قطوع اقصية بواسطة

المستويات الاقصية من خطوط الماء التي تكون على بعد واحد من بعضها

ويمكن تقسيمه ايضا الى قطوع منتصبة بواسطة مستويات اخر تكون على

بعد واحد من بعضها ايضا وتسمى مستويات الازدواج وتقطع هذه

المستويات حجم القارين الى مناشير مستطيلة متساوية القاعدة وناقصة من

كل جانب ويحصل الحجم الكلي لهذه المناشير الناقصة بضرب قاعدتها

المستقيمة في ربع اربعة اضلاع كل منشور الا ان كلا من هذه الاضلاع

الاربعة يستعمل في اربعة مناشير (ماعد الاضلاع الجوانب فانها لا تستعمل

الافى منشورين فقط ولذلك لا يمكن اخذ كل منها الانصاف مرة وهناك اربعة

اضلاع لا تستعمل الا في منشور واحد فلا يؤخذ منها الا الربع ليضاف الى مجموع

الاضلاع المستعملة في اربعة مناشير) فاذن يكون الجسم الكلي للقارين مساويا لسطح احد المستطيلات اعني حاصل ضرب بعد مستويات خط الماء في بعد مستويات الازدواج وفي مجرد مجموع سائر هذه الاضلاع التي تكون اقيمة وموضوعة معا على كل مستومن مستويات الازدواج وعلى خط الماء وتستعمل هذه العملية التقريبية الملهة الوجيزة في معرفة حجم اى جسم كان وكل جسمين متماثلين يكونان متساويين في الحجم

وبيان ذلك اتنا اذا قسمنا هذين الجسمين الى مناشير ناقصة مثلثية اضلاعها الخطوط المتوازية التي تحدد التماثل في كل منشور ناقص مثل

من ودهف (شكل ٢٣) موضوع من جهة مستوى التماثل الذي

هو ا ب ث تحصل معنا من الجهة الاخرى منشور م ج ودهف

الناقص بشرط ان دم = د م و ه ن = ه و ف و

= ف و فيكون المنشوران الناقصان متساويين في الحجم فاذن يكون مجموع

سائر هذه المناشير الناقصة بالنظر للجسم الاول مساويا لمجموع سائر المناشير

الناقصة المتقابلة بالنظر للجسم الثاني فعلى هذا اذا كان الجسمان ذوا الواجهة

المستوية متماثلين كان حجمهما دائما متساويين وحيث كانت هذه

الخاصة صحيحة ايا ما كان عددا للواجهة فانها تكون ايضا صحيحة اذا كان هناك

عدة اوجه صغيرة يمكن بواسطتها اعتبار الاجسام منتهية بسطوح

منتهية لا بواجهة مستوية

وبناء على ذلك يكون كل مستوى تماثل اى جسم قاسما لهذا الجسم الى قسمين

متساويين في الحجم

(بيان الجسمات المتشابهة)

يكون هـ ما ا ب ث د و ا ر ث (شكل ٢٥) متشابهين

اذا كانت اضلاعهما المتقابلة وهى ا ب و ا ر و ب ث و ر ث

و ب د و ش د و ا د و ا د متوازية
 وذلك لان من المعلوم ان المثلثات المتألقة من اوجه الهرمين المتقابلة تكون
 متشابهة اذا كانت اضلاعها متوازية فاذن تكون الزوايا الثلاث المستوية
 التي يتكون منها رأس كل من الهرمين متساوية كل لتطبيقاتها وزيادة على
 ذلك تكون الاضلاع الثلاثة التي يتألف منها كل زاوية بحجة متوازية
 اذا طبقنا هرم ا ر ش د على الهرم الاخر مع التوازي بحيث تكون
 نقطة ا واقعة على ا ر و ا على ا ب و ا على ا د
 و ا على ا د فاذن تكون مستويات ا ر و ا ب و ا د
 و ا ب د و ا ش د و ا ث د منطبقة على بعضها وبناء عليه
 تكون زاويتا ا ر و ا ب المحسنتين من الهرمين متساويتين وبذلك يبرهن
 على ان زوايا ب ر و و ب ر و و ب ر و و ب ر و متساوية
 متساوية وحيث تسمى تحقق هذا الشرط وهو كون اضلاع الهرمين المتقابلة
 متوازية كانت جميع الشروط المعتبرة في تشابه الشكلين متحققة ايضا
 فاذا كانت اوجه الهرمين الثلاثين متناسبة بدون توازي اضلاعها فانهما
 يكونان متشابهين

وبيان ذلك انه اذا كانت الاضلاع الثلاثة من كل من اوجههما المتقابلة
 متناسبة فان هذه الواجهة تكون متشابهة وتكون الزوايا المستوية متساوية
 فاذن تكون الزوايا المحسنة المتألقة من الواجهة ثلاثا متساوية ايضا وتكون
 جميع شروط التناسب موفى بها

وكل مجسمين منتهيين باوجه مستوية يكونان متشابهين اذا كانت اضلاعهما
 المتقابلة متناسبة وكانت زواياهما المتقابلة متساوية سواء كانت مستوية
 او محسنة

وبرهان ذلك انه يمكن تقسيم هذين المجسمين الى اهرام اضلاعها متناسبة

وزواياها المتقابلة متساوية

وجماهرى $\overline{ا ب ث د ه الخ}$ و $\overline{ا ر ث د ه}$ المتشابهين
(شكل ٢٦) يكونان مناسبين لمكعبات الاضلاع المتقابلة ويبان ذلك
ان حجم كل هرم يساوى حاصل ضرب قاعدته في ثلث ارتفاعه فعلى ذلك
اذا كانت قواعد $\overline{ا ب ث د ه ف}$ و $\overline{ا ر ث د ه}$ الخ اشكالا
متشابهة فانها تكون مناسبة للمربع المرسوم على احد اضلاعها فيحصل
حيثئذ (شكل ٢٦) هذه النسبة وهى

سطح $\overline{ا ب ث د ه ف}$: $\overline{ا ر ث د ه}$:: $\overline{ا ب ث م ن}$

: $\overline{ا ر ث م ن}$ فاذا رسمنا حيثئذ على $\overline{ا ب ث م ن}$ و $\overline{ا ر ث م ن}$
المجعولين قاعدتين مكعبا فانه يحصل معنا جما الماكعبين وهما

$\overline{ا ب ث}^3 = \overline{ا ب ث}^2 \times \overline{ا ب ث}$ و $\overline{ا ر ث}^3 = \overline{ا ر ث}^2 \times \overline{ا ر ث}$
 $\times \overline{ا ر ث}$ لكن نسبة $\overline{ا ب ث}$: $\overline{ا ر ث}$:: $\frac{1}{4}$ اش
: $\frac{1}{4}$ اش

فاذن تكون نسبة $\overline{ا ب ث}^3$: $\overline{ا ر ث}^3$:: $\overline{ا ب ث}^2$: $\overline{ا ر ث}^2$ $\times \frac{1}{4}$ اش
: $\overline{ا ر ث}^2 \times \frac{1}{4}$ اش

ففي التناسب الاخير يكون الحدان الاخيران دالين على حجم الهرمين والحدان
الاولان دالين على حجم المكعبين

ونسبة مجعومات المجسمات المتشابهة المنتهية باوجه مستوية على حسب المطلوب
كنسبة مكعبات الخطوط المتقابلة

ويبان ذلك انه يمكن تقسيم تلك المجسمات الى اهرام متشابهة متحدة العدد ونسبة
اضلاعها المتقابلة واحدة وهى $\overline{ا}$ الان الهرمين اللذين تكون نسبة
اضلاعهما المتقابلة الى بعضها كنسبة $\overline{ا}$ الى $\overline{ا}$ تكون نسبة حجمهما

الى بعضها كنسبة α الى مكعب β فاذا ضممنا من جهة الاهرام الصغيرة الى بعضها وضممنا من جهة اخرى سائر الاهرام التي تزيد عنها في الحجم بقدر γ اعني ثلاث ميراث فان نسبة الحجم الى بعضها تكون

١ الى γ

ويتبين ان نوضح هذا الدرس للتلاميذ بان نبين لهم التناهي والاهرام المجوفة المتساوية والتشابهة والمتماثلة الخ ونوضح لهم ايضا الدروس الاتية بان نبين لهم الاسطوانات والمخاريط والاكرا المجوفة مع القطوع المحكمة

العمل

(الدرس الثامن)

(في بيان الاسطوانات)

اذا تحرك خط مستقيم على امتداد خط منحن مثل $\alpha \beta \gamma \delta$ الخ (شكل ١ و ٢ و ٣) وكان دأتما موازيا لاتجاه معلوم فانه يتولد منه اسطوانة ومن ثم يطلق عليه مولد الاسطوانة وكل مستقيم مثل $\alpha \alpha'$

و $\beta \beta'$ و $\gamma \gamma'$ الخ يدل على وضع الخط المولد لها فانه يكون احد اضلاع تلك الاسطوانة

وهناك عدة انواع مختلفة من الاسطوانات بقدر ما يوجد من انواع المنحنيات

مثل $\alpha \beta \gamma \delta$ الخ التي نستعمل في استقامة حركة خط التولد ويمكن

ايضا ان تصنع بواسطة منحنى $\alpha \beta \gamma \delta$ (شكل ١ و ٢) عدة

اسطوانات مختلفة على حسب ما في مستقيم $\alpha \alpha'$ و $\beta \beta'$ المولدا لها من

الانحرافات المتنوعة

وحيث انه يترأى للمهندس ان المستقيم التام يمتد من طرفيه الى ما لانهاية له لزم

ان تمتد الاسطوانة من طرفي اضلاعها الى ما لانهاية حتى تكون تامة

ولكن للاسطوانة في الصناعة طول محدود دأتما من طرفي اضلاعها فلذا كان

لكل اسطوانة عند الصانع نهايتان

فإذا كانت الاسطوانة منتهية من احد طرفيها بمسطح ا ب ث المستوى
سمي هذا المسطح قاعدة وإذا كانت منتهية من الطرفين بمسطحات مستوية
متوازية كان لها قاعدتان وقد تكون هذه الاسطوانة قائمة (شكل ١)
او مائلة (شكل ٢) على حسب ما تكون عليه اضلاعها من كونها
عمودية او مائلة على مستويي القاعدتين

وفي بعض الاحيان يكون احد المستويين اللذين يحددان الاسطوانة غير مواز
للاخر كما في (شكل ٨) حيث يرى فيه اسطوانة منتهية بمسطحي

ا ب ث د و م ن ح ح المستويين فنفرض بناء على ذلك ان
مستوى م ن ح ح هو الذي نشأ عنه تقصان الاسطوانة ذات
القاعدتين المتوازيتين اللتين هما ا ب ث د و ا ر ث د ويطلق
ناقص الاسطوانة او الاسطوانة الناقصة على كل من جرى

ا ب ث د م ن ح ح و ا ر ث د م ن ح ح

وانا كانت قاعدة الاسطوانة دائرة سميت الاسطوانة مستديرة وتسمى عند
الصناعية باسم الاسطوانة فقط لانها هي المستعملة دون غيرها في اغلب
فروع الصناعة

ثم ان خط و و المستقيم (شكل ٤) الممتد من مركز الدوائر المستعملة
قواعد للاسطوانة المستديرة هو محور الاسطوانة وهو المار بمركز جميع الدوائر
الحادثة من قطع الاسطوانة بمستويات موازية لمستوى القاعدتين

وعلى حسب خواص المتوازيات (التي تقدم ذكرها في الدرس الثاني) يكون
سطح الاسطوانة على حالة واحدة دائمة مع الضبط اذا كان منشأؤه اما حركة

خط مستقيم آخذ على التوالي اوضاع ا ا و ب ر و ث

و د د الخ المتوازية على امتداد ا ب ث د (شكل ٣)

ولما حوكة مضى أ ب ش د (شكل ٤) الأخذ ايضا على التوالي

اوضاع أ ب ش د و أ ب ش د و أ ب ش د الخ المتوازية
على امتداد خط مستقيم بحيث تكون نقطة الخط المتخني التي هي آ مثلا

شاغلة بالتدريج لاوضاع أ و آ و آ الخ من ضلع ا ا

وقد استعمل ارباب الفنون الطريقتين في احداث الاسطوانة القائمة
والمستديرة وقد يؤثرن احدها على الاخرى على حسب ما تقتضيه حاجتهم
من توسيع هذا السطح اعني الاسطوانة من جهة دون اخرى وهاتئ الطريقتين
المذكورتين

الطريقة الاولى في صناعة الاسطوانة بواسطة الاضلاع

اذا اقتضى الحال توسيع الاسطوانة اتساعا كاملا بواسطة اضلاعها فانه يرسم
في داخل الدائرة او خارجها مضلع ذو اضلاع كثيرة مثل أ ب ش د ه
ثم ترسم مع غاية الضبط عدة اوجه صغيرة مستوية وهي متوازيات اضلاع

أ ب ا و ب ش ا الخ (شكل ٣) وتكون بقدر
ما في القاعدة من الاضلاع ثم تصلح الاضلاع البارزة بواسطة القارة او القادوم
او المنشار او نحو ذلك مما يصلح من الآلات لقطع السطوح المستوية متبعين

الاتجاه الطولي من مستقيمت ا ا و ب ب و ش ش المتوازية
وتجعل الاسطوانة مستديرة وبهذه الطريقة تتحقق من توفر الشروط في سطحها
لكونه متكونا من اضلاع مستقيمة ومتوازية لكن لا تتحقق من كون محيط
السطح الحادث من هذه الاضلاع دائرة لان الاتساع النائي عن القارة
والقادوم وغيرهما انما يكون في الجهة المستقيمة من الاضلاع لافي جهة المحيط
المستدير

* (بيان اجراء العملية في صناعة صواري السفن) *

ينبغي ان يكون سطح هذه الصواري لاسيما الصواري العليا (اي القارية

والبواقي (كما) مستدام من جهة الطول حتى يمكن ترقيق اطواق الرواجع (المسماة باطواق التعشق بلا مانع) من اسفل الى اعلا وعكسه حول هذه الصواري فمن ثم يعمل الصانع الصواري على حسب الطريقة التي ذكرناها آنفا

الطريقة الثامنة في صناعة الاسطوانة بواسطة المنحنيات المتساوية والمتوازية اذا كان المطلوب من مبدء الامر ان يتحقق من الامتداد في الجهة العمودية على طول الاضلاع فاننا نستعمل اولاً المحرطة ونرسم بهامش التوالى عدة دوائر مثل $ا ب ث$ و $ا ب ت$ و $ا ب ث$ الى آخره (شكل ٤) حتى يتألف من مجموعها شكل اسطوانى فيتحقق اذن ان السطح المصنوع كامل الاستدارة ويمتد في الجهة المعترضة ولكن لا يمكن باى وجه من الوجوه ان يتحقق من الامتداد في الجهة الطولية

(بيان صناعة اخشاب الرماح وقضبان الطمار)

قد شاهدنا في ترساعات انكلترة انهم يستعملون الطريقة الآتية في خروط السطوح الاسطوانية وحاصلها ان تأخذ من مبدء الامر منشورا من الخشب بقدر اربعة اشبار او ثمانية ثم تدفعه في داخل القارة المستديرة فبجزء سيره وتحركه يكون مستديرا بجديد القارة وبهذه الطريقة يتألف سطح اسطوانى بحكم الاستدارة اذا كان المنشور كامل الاستقامة لكنه يكون غير لين رأسا اولينا قليلا اذا كان قضيب الخشب مائلا من بعض الجهات واذا كان المطلوب عمل سطح اسطوانى مع الدقة لزم ان يتحقق من الامتداد في كلتا الجهتين وهالك ما يمكن عمله وذلك بان نوجه آلة الخروط الحادة بواسطة دليل مواز لمحور الاسطوانة بحيث يكون سن الآلة على بعد واحد من هذا المحور فاذا ثبت ان سائر الدوائر مساوية لبعضها وان الاضلاع مستقيمة انخطوط مع غاية الضبط

(اجراء العملية في التكعيبات والتشيكلات وغيرها)

قد تكون الطريقتان اللتان يمكن بهما تركيب الاسطوانة من حيث هي مستعملتين في رسم سطوح الضوء الاسطوانية كسطوح التشبيكات والتكعيبات فتستعمل لرسم الاضلاع خيوطا او قضباناً من حديد او اعمدة من خشب او حبال بسيطة ممتدة على خط مستقيم وقد تكون الطارات المأخوذة من مادة واحدة دالة على المنحنيات المتساوية الموازية لقاعدتي الاسطوانة اذا كان قدر هذه الطارات وانحنائها واحداً ثم نلحم او نلصق بواسطة السلولة المعدنية او غيرها الاضلاع والمنحنيات في كل نقطة تتقاطع هي فيها وبذلك يكمل رسم السطوح الاسطوانية ولذا تجعل الابراج واعمدات التكعيبات والاقصص والقنف وغير ذلك على صورة شكل اسطوانى ويمكن رسم الاسطوانات المعلومة الشكل بان نجمع عدة اسطوانات صغيرة بجوار بعضها ونلصقها في الخارج بواسطة طارات او سيور مستديرة وذلك كالزنايل المستعملة في الاشغال الخريية والحرب المضرومة الى بعضها لئلي يكون القصد منها الزينة او المنفعة او غير ذلك

ومن القنون ما يكون الغرض الاصلى منه صناعة السطوح الاسطوانية بان ثنى السطوح المستوية المتواصلة (راجع السطوح المنفردة في الدرس العاشر)

فلذا يأخذ صانع آلات الكيل الواح اصلحة وممهدة يكون سمكها رقيقاً من جميع جهاتها حتى يمكن انشاؤها على حسب الصورة وابعاد المعايير المتنوعة كالهكتوتير والديكالتر والتر وهم جراوكان اسم المدي يطلق على المعيار القديم الاسطوانى المستعمل في كميل الحبوب ويسمى صانعه في اصطلاحهم صانع المد

ويمكن للصانع ان يتحقق من الصورة الاسطوانية للامداد بان يجعل مقعرها مستوياداً ك مقعر البراميل وفي الغالب يكون الطرف الاعلى من هذه الامداد محاطاً بدائرة من الحديد لها قطر او قطران من الحديد ايضا وهذا هو منشأ عدم اختلاف المعيار وعدم تغير صورته وهيئته

وفي الغالب يصنع النحاس والسمكري بواسطة صفائح رفيعة جدامن النحاس
او الصفيح الايض او نحو ذلك سطوحا اسطوانية اسهل صناعة من جميع
السطوح المنحنية المطلوب علمها وذلك كاتاييب المداخن والمايزيب وغيرها
واذا علم كل من هذين الصانعين قطر كل اتبوبة وطولها يسمل عليه عادة
معرفة محيط هذه الاتبوبة الذي يعرف به عند ضربه في الطول سطح صفائح
النحاس والصفيح وغيرها اللازمة للصانعين المذكورين

وينبغي لسان نضيف اولا الى محيط الاتبوبة عرضا يساوى التحام جزئى
كل صفحة يلزم التحامها لاجل تركيب الاسطوانة وثانيا نضيف الى كل
من اطوال الاناييب قدر يساوى طول تعشق طرفها

وينبغي أن تكون قدور الآلات البخارية معدودة من جملة الاشغال المهمة
التي يصنعها النحاس على صورة الشكل الاسطوانى الان قاعدة هذه القدور
تكون غير مستديرة (راجع شكل ٥) ويلزم لاجل جمع صفائح النحاس
المتنوعة التي يتركب منها القدر الكبير استعمال المسامير الاسطوانية او البرشمة
التي تدخل في الصفائح مع الضبط والاحكام بحيث لا يتغتمنها ولا من الصفائح
الداخلية فيها جزء من البخار ويوصل الى ذلك بواسطة اربعة مخارج او خمسة
تكون على بعد واحد من بعضها ومولفانها قالب واحد يمكن صعوده وهبوطه
على التعاقب بواسطة آلة ميكانيكية قوية جدا وقد تكون الصفحة التي يصنع فيها
الثقوب الداخلية فيها المسامير البرشمة موضوعة على بروز وهذا البرواز
لا يتحرك عند انقباض القالب لتكون جميع المحارير ثابتة للصفحة على البعد
المطلوب واما عند ارتفاعه بعد عمل الثقوب الاسطوانية فتثبت الصفحة على
طول بحيث تكون المحارير عند انقباضها ثانيا ثابتة للثقوب الاربعة
واخمس الآتية على البعد الموافق للثقوب المتقدمة

وليس استعمال هذه الطريقة مقصورا على مجرد تجهيز جمع الصفائح المعدنية
التي يتركب منها القدور الكبيرة البخارية بل تستعمل ايضا في جمع الصفائح
المستعملة في صناعة غطاء السفن الخارجى المتخذ من الحديد وصناديق الماء

النازلة في البحر المخرقة عن قريب

ولتنبيه في شأن هذه الصناديق المخذلة من الحديد التي يكون شكلها مكعبات
او منشائر مستطيلة ناقصة على ان اضلاع هذه المكعبات والمنشائر تكون حادة
ومتخذة من صفائح مستديرة على شكل ربع اسطوانة قائمة مستديرة
ايضا

ويصنع كل من صانعي الرصاص والمزمارا نايب ذات شكل اسطوانى ولاجل
عمل هذه الانايب يمكن ان تنى كما ينسجها النحاس والسبكى او تنسج بواسطة
المسجبة

(بيان صناعة الاسطوانات)

(بالمد والسحب)

لنذكر لك هنا الطريقة المستعملة في ترسانه مدينة قطام لصناعة
اسطوانات مجوفة من الرصاص يكون سمكها وقطرها معلومين

وليكن **أ ب ث د** (شكل ٦) هي الاسطوانة المصبوبة التي يكون
قطرها هو القطر الداخلى للأسطوانة المجوفة المطلوب تحصيلا قصب اولاً
حول الاسطوانة او حول قالب متحد القطر اسطوانة من الرصاص اغلظ
واقصر من الاسطوانة المطلوب عملها وتدخل اسطوانة **أ ب ث د**
المصبوبة في الاسطوانة المجوفة ثم تمر بالاثنتين في المسجبة التي تضيقها في جميع
المرات ويتأثير هذه المسجبة ترق الاسطوانة المجوفة وتبسط اذا كان قطرها
الداخلى هو قطر اسطوانة **أ ب ث د** وتجعل لها بالتدريج سمكاً ملائماً
لها فيحصل من هذه الطريقة اسطوانات استقامتها محققة في كلتا

الحالتين اذا كانت اسطوانة **أ ب ث د** مصنوعة مع الضبط
وقد تكون السلولة المعنية بحسب سمكها وغلظها وكذلك قضبان الحديد
المستديرة اسطوانات مصنوعة من تحويلها الى قطر مناسب بواسطة آلة المد
والبسط وتدخل من وسط ثقب مستديرة يطلق عليها اسم المساحب وتصفى

هذه الثقب المستدير مشياً لاجل جعل سمك القضيب والسلك بالتدريج في كل متر

(بيان صناعة الاسطوانات بالسبك والصب في القالب)

وهي صناعة انابيب الحديد المصبوب المستعملة في الممالك الاقريقية لاجل تسليك المياه والغار والانابيب المستعملة لطلبات المياه والهواء والبحار وغير ذلك

(بيان صناعة الاسطوانات بالثقب)

يكفي في عمل الانابيب صناعة الصب وذلك كالانابيب المستعملة في جريان المياه التي لا يحتاج فيها الى اشكال محكمة الضبط بخلاف الانابيب المحتاجة للضبط الهندسي كالانابيب الطليات وكذلك داخل المدفع والابوس والهون فانه ينبغي فيها غالباً اتباع الطرق الصعبة كعملية الثقب (راجع السطوح الدائرية في الدرس الثاني عشر)

(بيان صناعة الاسطوانات بالنشر)

يمكن عمل الاسطوانة بالنشر وهو على وجهين الاول ان نجعل الجسم المطلوب نشره ثابتاً ونقرب منه المنشار بالتوازي لاجزاء معلوم بشرط ان يكون تابعاً لمنحرف مرسوم قبل ذلك وهذا هو ما فعله نشارو الطول الوجه الثاني ان نجعل المنشار صاعداً اوهابطاً في اتجاهه الاصلي من غير ان يتقدم او يتأخر ونجعل الجسم المطلوب نشره حركة مائلة مناسبة وبهذا الوجه تصنع السطوح الاسطوانية في دواليب النشر

(بيان صناعة الاسطوانة عند المعمارجية)

اذا اراد البنائون عمل سطح اسطواني كقوسرة الباب او القبة او عين قنطرة او غير ذلك فانهم يصنعون اولاً من الخشب سطحاً اسطوانياً مجوّفاً نجويفاً تاماً متحداً مع محيط القوسرة المطلوب صنعها ويركبون من مسافة الى اخرى

شكلاً كثيراً الاضلاع مثل ا ب ث د ه (شكل ٧) يكون داخل محيط القوسرة المذكورة ويجعلون لهذا المضلع عدة من الاضلاع الكبيرة

ليجذب قطعاً ترقبها الامتلاء بواسطة المقصورة بدون احتياج الى كثير من الاخشاب ثم يلاحظون هذه القطع بقطع من الخشب يضعون عليها اخشاباً قائمة متلاصقة تظهر من احد اطراف الشكل السابع فيحصل من اعلا هذه الاخشاب السطح الاسطوانى الذى يضع عليه البناءون ايجار القبة المعروفة عندهم باسم ايجار العقد

(بيان مساحة سطح الاسطوانات)

يمكن ان نعتبر سطح الاسطوانات كتركب من اضلاع كثيرة يمكننا معرفتها عند رجحها بجوار بعضها على قدر الامكان وان نعتبر الاسطوانة كمنشور منتهى بعدة اوجه صغيرة ضيقة جداً

وحيث تتيقن كون محيط قاعدتها مضلعاً يلتبس علينا بالمضلع المستعمل قاعدة للمنشور

فاذا كانت الاسطوانة قائمة فان سطحها (من غير اعتبار قاعدتيها) يكون مساوياً لمحيط احدى هاتين القاعدتين مضروباً فى ارتفاعها ويكون السطح الكلى للأسطوانة القائمة المستديرة وكذلك سطح القاعدتين مساوياً لمحيط احدى القاعدتين المذكورتين مضروباً فى امتداد الضلع زائداً طول نصف قطر احدى القاعدتين

ويمكن ان نقطع سطح الطول فى منشور $ا ب ث د$ الخ $ا ر ث و$ الخ (شكل ٨) على حسب ضلع $ا ا$ وندير بالتوالى كل وجه صغير مثل

$ا ر ث و$ و $ب ر ث د$ الخ لنضعه فى مستوى $ا ا$ و $ب ب$ فيحصل معنا شكل مستوئاً من متوازيات $ا ا$ و $ب ب$

و $ث ث$ الخ (شكل ٩) ومن اضلاع $ا ب$ و $ب ب$

و $ث د$ و $د ه$ الخ و $ا ر$ و $ر ث$ و $ث و$ و $و ه$ العمودية على هذه المتوازيات وهذا هو الذى يستدعى ان يكون

أبشده الخ و أشده الخ خطين مستقيين متوازيين
وعوديين على ارتفاع ١٢ و ب ر وهلم جرا ويطلق على المستطيل
المحصل بهذا الوجه (شكل ٩) اسم اقتراد محيط المنشور فيكون سطح
المنشور مفرد الان هذا الاقتراد يمكن استعماله بدون بسط لاجزاء سطوح

١١ ر ب و ب ر ث الخ اوتضيقها لتبقى متجاورة وتصلح
سطحا مستويا مستمرا ومنذ كرك في شأن سطوح الافراد دروما تخصها
ومن جهة هذه السطوح الاسطوانات التي يمكن اعتبارها كمناسير اضلاعها
لا تنحصر

ولنصنع في الاسطوانة القائمة (شكل ٨) قطعين مائلين متوازيين مثل
 م ن ح ح' و م' ح' ع' ع' ثم تقس السطح الاسطوانى المتصغر
 بين القطعين المذكورين فيظهر حينئذ ان اجزاء اضلاع م م' و ن ن'
 و ح ح' و ح' ح' الخ اذا كانت خطوطا مستقيمة متوازية مخصصة
 بين مستويين متوازيين تكون متساوية فعلى ذلك اذا اعتبرنا الاسطوانة
 كنشورة عدة اوجه صغيرة فان سطوح الاشكال المتوازية بالاضلاع الدالة
 على كل وجه صغير تكون هكذا

$$\overline{m_1 m_2} = \overline{ab} \times m$$

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{n} \times \frac{1}{b} = \frac{1}{n \times b}$$

سطح $z_1 z_2 z_3 = \text{شد} \times z_2 = \text{م} \text{ الخ}$

فجيتذا يكون سطح من ح ح و $z = z$ ا ب ث د

x م م اعني انه يساوي محيط قاعدة ا ب ث د الخ مضروباً
في طول احد اجزاء الاضلاع المحصورة بين المستويين المتوازيين

واذا اريد مساحة سطح الاسطوانة الناقصة هي **ابثد الخ**

و م ن ح ح الخ (شكل ٨) فانه ينبغي مذل سطح الاسطوان
بتعيين كل من اضلاع ا م و ب ب ث و ث ح الخ على حسب
طوله ونحدد على المذ (شكل ٩) سطح ا ب ث د الخ
و م ن ح ح الخ

فاذا فرضنا ان الاسطوان منشورة عند قاعه صغرة متساوية وكان ا ب
= ب ب ث = ث د فحصل معنا سطح الاسطوان الناقصة وهي
ا ب ث د الخ و م ن ح ح الخ = ا ب (ا م
+ ب ن + ث ح + د ح الخ) بمعنى ان عرض احد
الاجزاء الصغرة مضروب في مجموع اضلاع هذه الواجهة

* (بيان مساحة حجم الاسطوانات) *

اذا اعتبرنا الاسطوان كمنشور مركب من عدة اوجه صغرة رأيت حجمها
يساوي سطح قاعدتها مضروبا في ارتفاعها
وحيث ان قاعدة الاسطوان القائمة المستديرة دائرية فمساحتها مساوية لمساحة
ضرب محيطها في ربع قطرها
فاذن يكون حجم هذه الاسطوان مساويا لمحيط القاعدة مضروبا في نصف قطر
هذه القاعدة وفي ارتفاع الاسطوان المذكورة

وحيث ان المنشاور المائلة او القائمة التي قاعدتها واحدة وارتفاعها ايضا
واحد متساوية في الحجم فالاسطوانات القائمة او المائلة التي قاعدتها واحدة
وارتفاعها كذلك متساوية الحجم ايضا ويمكن بغاية السهولة تحديد حجم
الاسطوان الناقصة القائمة المستديرة وليكن ا ب ث (شكل ١٠) الدائرة
المستعملة قاعدة لهذه الاسطوان و و و محورها فيكون حجم الاسطوان
الناقصة التي هي ا ب ث ه ف الخ مساويا لسطح القاعدة مضروبا في محور

ووجهنا انه يكون مساويا لحجم الاسطوانة القائمة التي ارتفاعها $و$ وبرهان ذلك ان قرض اسطوانة $ا ب ث$ التي قاعدتها العليا موضوعة في مركزها وهو $و$ نقول ان حجم $ا م و$ هو $ث م ن ف$ متساويان ولا حظ لاجل ذلك من مبداء الامران وهي مركز دائرة $ا م ث$ فيقسم قطر $م و$ هذه الدائرة الى جزئين متساويين فاذا ادبرنا حجم $م و ا ه$ حول $م$ كدائرة القواب بقدر زاويتين قائمتين فان نصف دائرة $م و ا$ ينطبق على نصف دائرة $م و ث$ وتكون جميع اجزاء المضلاع مثل $ا ه$ الخ متطبقة على المضلاع $ث$ الخ وبالحجة نستوي $م و ه$ ينطبق على مستوى $م و ف$ فاذا كان يكون الجثمان منحصرين بين ثلاثة سطوح تطبق على بعضها وبنا على ذلك يكون حجمها واحدا غير ان الاسطوانة القائمة تزيد على الاسطوانة الناقصة وهي $ا ب ث ه$ ف بقدر $م و ا ث$ وتنقص عنها بقدر $م و ث ف$ فاذا كان يكون الاسطوانتان متساويتين في الحجم وقياس احدهما قياس الاخرى وكذلك يوجد في دائرة $ا و ب$ (شكل ١١) قطاعات بقدر ما في الاسطوانة من القطاعات التي قاعدتها هي قطاع الدائرة والتي تنتهي من جهة $ا ب$ بنفس السطح الاسطواني ومن الجهتين الاخرين بمستوي $ا ا و و ب ب و و$ المارين بمحور الاسطوانة الذي هو $و و$ وقد تكون قاعدة قطعة الاسطوانة قطعة دائرة $ا ب ث$ (شكل ١٢) ويكون محيطها والاجزاء $ا ب ث ب ر ن ا$ الاسطواني وثانيا مستوي $ا ب ر ا$ الموازي للمحور والذي صورته على صورة شكل متوازي الاضلاع

(اجزاء عملية خواص الاسطوانة في تحديد الظلال)

اذا وصلت اشعة الشمس اليها كانت متوازية تقريبا بحيث يتعذر على الآلات

المحكمة ان تبين ما يظهر من الاختلاف الموجود في اتجاه شعاعين شمسين
نازلين على بعد واحد عظيم من بعضهما وذلك كنهايتي عمارة كبيرة متقابلتين
ولذا نعتبر اشعة الضوء الخارجة من الشمس كأنها محكمة التوازي

فاذا كان باب اوشباك اوقبوة على هيئة قوس دائرة **ا ب ث د ه**

(شكل ١٣) مضياً بالاشعة الشمسية التي هي **ا ا ب و ث**
و د ه و ه ه فان هذه الاشعة خطوط مستقيمة موازية لبعضها

تتمحيط الدائرة وترسم شكل اسطوانة او منشور قاعدته **ا ب ث د ه**
وهذه الاسطوانة تفصل الجزء المضيء بالشمس من داخل الباب والوشباك
او اقبوة من الجزء الموضوع في الظل

وتكون الاسطوانة بسبب شكلها ووضعها من اعظم المهمات اذا اقتضى
الحال تحديد الاجزاء المضيئة والاجزاء الموضوعة في الظل في رسم العمارة
والتصوير وجميع فنون الرسم وسنبين في الدروس الآتية الطرق المستعملة
في حل المسائل الاصلية الخاصة بالظلال على وجه هندي
(اجراء عملية خواص الاسطوانة في الهندسة الوصفية)

اعظم استعمالات خواص الاسطوانة النافعة هو استعمال سطح هذه
الاسطوانة لكونه يبين رسم الخطوط المنحنية او مساقطها على مستويات

فاذا فرضنا في الفراغ خطاً منحنيًا مثل **ا ب ث د ه** الخ (شكل ١٤)
واردنا رسمه على مستوى المسقط وهو **م ن ح ح ح** فانا نعلم من كل نقطة

من هذا المنحنى خطاً عمودياً الى هذا المستوى ويتكون من تتابع قط
ا و ث و د و ه الخ التي تكون مواقع الخطوط العمودية
على المستوى المذكور خط منحن يبدل على الرسم الهندسي او على مسقط منحنى

ا ب ث د كما قبل

وفي العادة يرسم كل منحن على مستوي **م ن ح ح ح و ح ح ح** رض

العمودين على بعضهما بشرط ان تصكون خطوط المسقط التي هي

١١ و ب ر و ث ش الخ العمودية على المستوى الاول موازية

للمستوى الثاني و خطوط ١١ و ب ر و ث ش العمودية على

المستوى الثاني موازية للمستوى الاول فاذن يكون مسقطا ا ر ث هـ

و ا ر ث هـ كافيين في التصديق التام لخفي ا ب ث د هـ الخ الحادث

منهما كما ستري ذلك عند تقاطع السطوح

وقد عرفت انه بواسطة المستوى يمكن تركيب الاسطوانات وصناعتها

وبالعكس يعني انه يمكن بواسطة الاسطوانات تركيب المستويات وصناعتها

(بيان استعمال الاسطوانة في الزراعة)

اعلم انه بواسطة الاسطوانة التي نديرها في طريق حدث فيها الرمال عن قريب

او على خضرة او ارض محروثة حرثا جيدا نهد الاجراء البارزة حتى

تساوى الاجزاء المنغمسة اى الداخلية ونهد الارض حتى يحدث عنها

سطح مستو

(بيان استعمال الاسطوانة في تريق القطير)

يسمى عمل الخباز اسطوانة من الخشب تسمى بالنشابة وذلك بان يدحرجها

ويضغطها ويدفعها بيديه كي يرقق بها العجين حتى يصير منتهيا من اعلاه

واسفله بسطوح مستوية

(بيان الاسطوانات المركبة اعني آلات الجرن)

يستعمل في احداث سطوح مستوية اسطوانتان مركبتان يكون محوراهما

متوازيين وهذا اتم فعلم ان استعمال اسطوانة واحدة وليكن

ا ب و ا ر (شكل ١٥) هما محور الاسطواتين المركبتين بشرط

ان يمكن قربهما او بعدهما عن بعض على حسب المطلوب فان كان المحوران

موازيين لبعضهما مع الاتقان وكانت الاسطواناتان مصنوعتين مع الضبط

المطلوب فانهما يكونان دائما على بعد واحد من بعضهما واذا مررنا بعد تمام

ذلك بين الاسطواناتين بلوح معدني او من آخر من المعادن قابل للتحميد
فان هذا اللوح يؤول الى السلك المعين بالبعد الاقصر الموجود بين الاسطواناتين
المذكورتين

فاذا قربنا الاسطواتين من بعضهما يسيرا بعد مرور اللوح بينهما اول مرة
لتقريبه ثانيها بينهما فالتساوية تهيأ مساويا ومناسبا لهذا التقرب واذا اتينا
على هذه الطريقة وتبعناها فالتساوي يرقق اللوح شيئا فشيئا ترققا مناسبا
للسلك المطلوب وهذه هي فائدة آلات الخلع

(بيان استعمال الاسطوانات في عمل الورق)

قد احدثت الصناعة في هذا المعنى جملة عمليات من خواص الاسطوانات
وهي ان كل اسطوانتين مغطاتين بالجوخ يضغطان مادة الورق ويجعلانها
فراخ مستطيلة على قدر المطلوب ولهذا كان يسمى بالورق الجائر

(بيان استعمال الاسطوانات في صناعة الطبع)

تضع حروف الطبع اللازمة لطبع أي فرخ كان على اسطوانات ذات قطر كبير
وتكون هذه الاسطوانات متحدة مع اسطوانات اخرى مغطاة بالجلد
ومدهونة بالخبر الذي تلتقي منه كمية معلومة على حروف الطبع ثم تمر فرخ من
الورق المصقول بين هاتين الاسطواتين اللتين عليهما الحروف فينطبع فيه
صورة تلك الحروف وهذه الطريقة التي يحصل بها الطبع مع غاية السرعة عامة
النفع لاسيما في نشر الجرائد التي يلزم جمعها ونشر اوراقها في مدة قليلة من
الزمن ولو بلغ ما بلغ مقدار النسخ المطلوبة من هذه الجرائد

ونستعمل هذه الاسطوانات ايضا في رسم جملة من الاشكال على الاقشة
وكيفية ذلك ان تنقش على اسطوانات متحدة من النحاس الالوان المطلوب
طبعها

(بيان طبع الليتغرافية اي الطبع على الحجر)

لاستعمل في الملازم الليتغرافية الاسطوانة واحدة وذلك بان يكون القرخ
المطلوب طبعه موضوعا على الحجر بعد تمام الرسم وتنقشه بالخبر ثم تمر عليه

اسطوانة اخرى فتؤثر فيه تأثيرا متساويا في كل جزء من اجزائه فينشأ عن ذلك تسوية الطبع وظرافته

(بيان الطبع بالنقش)

اذا اريد النقش بالواح من النحاس فانتزاع بكل من اللوح المستوي وفرخ الورق الذي تنطبع فيه النقوش بين اسطوانتين يضغطان احدهما فوق الاخر

(بيان استعمال الاسطوانات المزدوجة)

(في صناعة الحديد وجعله قضباناً)

بعد أن نسحق كتلة من الحديد الفسيف تسمىنا جيداً على حسب الطريقة القديمة المستعملة الى الآن في سائر بلاد أوروبا لصناعة الحديد فضعها على سندال ثم ندق عليها بمطرقة ثقيلة تنقي خبث الحديد الذي في هذه الكتلة فيحدث بواسطة هذه المطرقة مناشير او قضبان من الحديد تكون صورتها تامة او ناقصة على حسب تأثير المطرقة فيها وقد استعمل الانكليز منذ سنوات الاسطوانات المزدوجة لتكون مع الانتظام التام عوضاً عن شغل المطرقة الخشبي وذلك بان نغرض زوجين من الاسطوانات المضطعة بحيث يتولد عنهما انحرافات تكون اشكالها على هيئة الاشكال المعينة الصغيرة بالتدريج كما في (شكل ١٦) او على صورة الاشكال المستطيلة القليلة العرض مع التدريج ايضا كما في (شكل ١٧) وبعد ان نضلع الكتلة المذكورة بالمطرقة على قدر الامكان نمرزها بين الاسطوانتين وعلى انحرافات ١ و ٢ و ٣ التي تنقص غلظ تلك الكتلة وتجعلها قضباناً مربعة او مستطحة ولهذا الطريقة منفعة عظيمة في كونها تبسط مع الانتظام التام الحديد وتمده وقد شرعوا في استعمال هذه الطريقة ليلاد قرناً لكن لسوء الحظ لم تستعمل الا في قليل من الورش الصغيرة جداً

(بيان استعمال الاسطوانات في ندف القطن)

قد استعملت الاسطوانات مع النجاح في ندف القطن والصوف وكذلك في تحليل

التيل والكتان

وقد تكون الاسطواناتان الموضوعتان بالتوازي (شكل ١٧) مشحونتين باضراس مسننة مغروسة مع الانتظام على سطحيهما بحيث تدخل اسنان احدهما بالسهولة بين اسنان الاخرى وعندما يدخل القطن او الصوف او الكتان او التيل بين الاسطواتين المذكورتين التين يتحركان بحركة مضادة او متحدة الا انهما يختلفان في السرعة تمتد خيوط هذه الاشياء بالتوازي ويتألف منها عند بروزها من الاسطواتين طارة مستوية تسمى آلة التدف *

(بيان استعمال الاسطوانات في غزل القطن)

(والتيل ونحو ذلك)

كيفية ذلك ان نؤلف اسطوانة قائمة مستديرة مثل **أ ب** مع اسطوانة مخططة مثل **ش د** (شكل ١٥) فتكون الخيوط مشدودة بين اسطواتين اوليين وتكون ايضا مشدودة مع السرعة بين اسطواتين اخريين موازيين للاوليين فينشأ عن ذلك امتداد جزء الخيط الموضوع بين زوجين من الاسطوانات بالنسبة لاختلاف سرعة زوجين آخرين منها فاذا امتدت الخيوط بهذه الكيفية صارت رفيعة جدا وهذا هو احدى القوائد العظيمة الموجودة في آلات الغزل المستعملة الآن

وحيث كانت صناعة الاسطوانات المخططة من اجل العمليات النفيسة في الصناعة فهي مستلزمة للضبط والاحكام ثم ان خطأ التوازي الموجود في التخطيط واحتلال اقطار الاسطوانات وان كانا قليلين جدا الا انهما يجدان في الخيوط الرفيعة اختلافا ينشأ عنه انعدام ثمره متانة الخيوط والتساوي الملايم لرقتها

(بيان تخطيط الاسطوانات)

يستعمل لاجل ذلك آلة صالحة لتقسيم الدائرة الى اجزاء متساوية على حسب الطرق التي تكلمنا عليها في الدرس الثالث

وبعد ان بين الانسان عددا الخطيط ويقف على دائرة التقسيم الناشئ عنها
هذا العدد يتبدي بعمل خطيط اولي بواسطة آلة قاطعة تتوجه على امتداد
دليل مواز مع الصحة والضبط لمحور الاسطوانة ثم ترجع التهجري وبعد عمل
الخطيط الاول تقدم دليل تقاسيم الدائرة من نقطة معلومة فتظهر الاسطوانة
في وضع مناسب لعمل الخطيط الثاني الذي يعمل ايضا بواسطة هذه الآلة
القاطعة وهم يرا

وفي الغالب تتركب الاسطوانات بطريقتي اخرى وذلك بان ندخل اسطوانة مجسمة
في اسطوانة مجوفة كافي حركة المكباس في الطلبات (شكل ٢٠) وحركة السداة
في الزجاجة وحركة جزى الابارة (شكل ٢١) او لعبة النشوق المستديرة
(شكل ٢٢) وغير ذلك

ويستعمل في ذلك ايضا الاسطوانات المجوفة المتعشقة ببعضها مع الضبط
كافي النظارات التي تنظر بها الالعب ونظارات البحارة التي تنبسط على حسب
المطلوب كافي \overline{AB} (شكل ٢٣) وتنقبض كافي \overline{A} فاذا نبتضح لنا
ان سهولة حركة تعشق آلات هذا النوع وضبطها تتعلق باستكمال صناعة كل
اسطوانة مجوفة داخلية كانت او خارجية

ثم ان الانكليز يجمعون بواسطة تعشق الاسطوانات الخطوط الطويلة من
الانابيب المستعملة لتسليك مياه مدنهم وقد يمتد الحديد امتدادا محسوسا
بالكلية عند شدة الحرارة وينقبض انقباضا مضاهيا لامتداده عند ضعف هذه
الحرارة فاذا كانت الانابيب موضوعة بالحرير على طول عظيم بدون ان تتحرك
اطرافها بلا مانع فانها تتكسر فتعين لاجل اجتناب هذا الضرر احد
طرق كل انبوبة باسطوانة مثل اسطوانة \overline{AB} \overline{D} التي هي اعرض من
جسم انبوبة \overline{F} (شكل ٢٤) وندخل في هذا الجزء العريض
طرف الانبوبة الصغير الذي هو \overline{M} وهذا الادخال كناية عن كون
الانبوبتين يمكن ادخال احدهما في الاخرى وان كان هناك النمام يجمع

يتمها وبصيران مائلين بهذه الكيفية سواء كان ذلك بواسطة الانبساط
او الانقباض المتولد من تغير الحرارة

(الدرس التاسع)

(في بيان السطوح المخروطية)

السطح المخروط مثل ض ا ب ث د ه (شكل ١) يرسم
بواسطة خط مستقيم مارداً بآما نقطة ض ومتكئاً على ا ب ث د ه
فتكون مستقيبات ض ا و ض ب و ض ث الخ هي اضلاع
المخروط وتكون نقطة ض رأسه

ففي الصورة التي يكون فيها رأس ض ومنحنى ا ب ث د ه على
مستوى واحد يكون سطح المخروط هو سطح المستوى المذكور ولذا اذا دار قوس
في الميدان فان النير الذي هو خط مستقيم ممتد من عود الميدان الى النقطة
التي ربط فيها القوس المذكور يرسم مخروط ض ا ب ث د ه الخ
(شكل ٣) وهذا اذا كان الرأس خارج منحنى ا ب ث د ه الخ
المقطوع بنقطة ربط القوس فاذا كان النير اقنيا كان هذا المخروط مستويا
لان رأس ض موضوع في مستوى دائرة ا ر ث د التي يقطعها
القوس فاذا تكون اضلاع ض ا و ض ب و ض ث الخ
انصاف اقطار لهذه الدائرة

ثم ان المهندس يعتبر المخروط (شكل ١) كسطح منحن ممتد من كلا
طرفيه الى ما لا نهاية وكذلك الخطوط المستقيمة التي هي اضلاعه * والمخروطان
الحادثان من جرمي كل ضلع الموضوعان امام الرأس وخطفه يعتبران ايضا
كسطح واحد منحن ويقال لهذا الرأس مركز المخروط لكون المخروطين
المذكورين يكتنفانه من الجهتين السابقتين

وقد استبان لنا من الصناعة بعض امثلة من هذه المحاريط الكاملة اى

المزدوجة فمن ذلك المنكاب (شكل ٢) المستعمل في السفن لمعرفة الزمن فانه متركب من مخروطين منتظمين على الوجه المبين في الشكل المذكور وبعد مضي مدة مجعولة وحدة الزمن ينزل الرمل بقلمه من المخروط الاعلا الى المخروط الاسفل ثم يعبد من وحدات الزمن بقدر مرات ادارة المنكاب

وفي القنون يكون للمخاريط امتداد محدد دائما ولا يعتبر منها على الاطلاق

الاجزاء واحد كطية ض ا ب ث د (شكل ١)

فانما كان المخروط منتبيا بمسطح مستو مثل ا ب ث د ه (شكل ١) فانه يطلق على هذا المسطح اسم قاعدة المخروط وتقرض في هذا الدرس ان كل مخروط يكون منتبيا بقاعدة مستوية

فالمخروط القائم المستدير او المخروط المنتظم الذي هو اسهل المخاريط هو الذي تكون قاعدته وهي ا ب ث د ه ف (شكل ٣) دائرة ويكون رأسه وهو ص موضوعا على محور الدائرة المرموز اليه بخط

ض و المستقيم وهذا الخط ايضا هو محور المخروط وتكون قاعدة المخروط المستدير المائل (شكل ٥) دائرة الا ان اضلاعه لا تكون مساوية لبعضها ولا يكون خط ض و المستقيم الممتد من الرأس الى مركز القاعدة عمودا على مستوى هذه القاعدة

وحيث كانت اضلاع ض ا و ض ب و ض ث مائلة ومتساوية البعد من خط ض و العمودي على مستوى الدائرة في المخروط المنتظم (شكل ٣) فانها تكون متساوية فاذن تكون جميع اضلاع هذا المخروط متساوية ايضا ويتألف منها مع المحور زاوية واحدة

ولنفرض ان هنالك مخروطا حادثا من عمليات القنون نرسم عليه عدة اضلاع دقيقة بحيث لا يظهر منها سوى منظر سطح كامل الامتداد مشحون بخطوط صغيرة الابعاد بحيث يعسر علينا مشاهدتها وهذا السطح المركب من عدة مثلثات مستوية صغيرة موجودة بين عدة اضلاع مختلفة ليس مغايرا للمخروط الهندسي فاذا اخذنا واحدا من هذين السطحين عوضا عن الآخر وكان فيه خطأ فان ذلك الخطأ يكون قليلا جدا بحيث لا يمكن رؤيته ويصير كلا شيء بالنظر الى الصناعة

وبناء على ذلك يعتبر المخروط دائما كالهرم ذي الالوجه الكثيرة المثلثية التي يكون عرضها صغيرا جدا وارتفاعها محتلتا بطول الاضلاع فاذا ن تكون مساحات السطح والحجم المختصة بالاهرام (درس ٧) مستعملة

في المخروط بلا مانع

فاذا كان المخروط القائم المستدير هروما منتظما فانه يحصل اولا ان مجموع سطح الالوجه اى السطح المتخني من المخروط القائم المستدير يساوى حاصل ضرب محيط قاعدته في نصف ضلعه وثانيا ان مجموع السطح المتخني المستدير و سطح قاعدة المخروط القائم يكون مساويا لمحيط القاعدة مضروبا في نصف ضلعه زائدا ربع قطر القاعدة ويكون حجم اى مخروط كان مساويا لحاصل ضرب ثلث ارتفاعه في سطح قاعدته

فاذا قطعنا المخروط بمستو مواز لقاعدته فولد من ذلك مخروط ناقص تكون مساحه سطحه وحجمه ايضا كساحه الهرم الناقص وحجمه و سطح المخروط الناقص المنتظم يساوى نصف مجموع محيط قاعدتيه مضروبا في طول الضلع المتخصر بين هاتين القاعدتين

ويرهان ذلك اننا اذا قطعنا هروما بمستو مواز للقاعدة (شكل ٧) فان الهرم الصغير المنفصل بهذا القطع يكون مشابها للهرم الاكبر فاذا كانت هذه الخاصية صحيحة ولو بلغت اوجه الهرم الاكبر في العدد ما بلغت كانت صحيحة ايضا في المخروط وكذلك في سائر ما يتولد عنه من النتائج فاذا نتج لنا اولا

اذا قطعنا مخروطاً بمستواً للقاعدة فالتأصل مخروطاً صغيراً مشابهاً
للكبير وثانياً انه اذا كان هناك مخروطان متشابهان فان سطح الجزء
المخفى منهما يكون مناسباً للمربع المخطوط المتقابلة في هذين المخروطين وذلك
كمربع الاضلاع مثلاً وثالثاً ان سطح القاعدة يتكون مناسباً للمربع
المخطوط المتقابلة ايضاً ورابعاً ان حجوم المخاريط المتشابهة تكون مناسبة
لكعبات المخطوط المتقابلة (شكل ٧)

ولنصنع مخروطاتاً قصاً مثل $ا ب ث$ الخ و $ا ر ث$ الخ (شكل ٧)
بان تأصل مخروطاً صغيراً من مخروط كبير بمستواً قطع فيتأصل معنا ضرورة
حجم المخروط الناقص بواسطة تقدير حجم المخروط الصغير وفرضه ثم نطرحه من
حجم المخروط الكبير وحيث كان كل من هذين الجسمين مساوياً لمأصل ضرب
القاعدة في ثلث الارتفاع فلا يكون في اجراء العملية صعوبة
واذا لم يكن المخروط قائماً ولا مستديراً او كان غير قائم فقط تعذر اخذ مساحة
سطحه بواسطة القواعد التي ذكرناها آنفاً

وينبغي لاجل اخذ مساحة سطح المخروط ان نحله الى عدة مثلثات يمكن
في الضبط المطالب ثم نجعل هذه المثلثات بجوار بعضها على مستواً واحد فذلك

جعلنا مثلثات $ض ا ب$ و $ض ب ث$ و $ض ث د$ من

(شكلي ٣ و ٥) في $ض ا ب$ و $ض ب ث$

و $ض ث د$ من (شكلي ٤ و ٦) فمن الجلي اذن ان السطح

المخفى من المخروط يساوي سطح $ض ا ب ث$ الخ المستوي وتكون
مساحة هذا السطح الاخير على حسب القواعد التي ذكرناها في الدرس
السادس

وبعد ان ينال الاقبسة اللازمة لسطح المخروط ونجمه نبعث عما يستعمل
من هذه المخاريط في القنون فنقول

قد يستر المعمار والتجار العمارات المستديرة بخاريط قائمة مستديرة (شكل ٨) يكون محورها هو محور العمارة المذكورة ويصنع الطولية بحيث مدافعهم على صورة عدة مخاريط ناقصة تكون قاعدتها الكبرى بجهة البورصة وهي اسفل المدفع وكذلك صانع البرانيط يجعل قوالب البرانيط المعدة لرجال الافرنج ونسأهم على شكل مخروط تام او ناقص ويجعل اطرافها مستوية او منحنية ولذا كانت البرانيط التي جرت عادة الفرنج باحتياذها للزينة والرفاهية تتنوع بتنوع ابعاد هذا المخروط التام او الناقص وبتنوع الطرف ايضا راجع (شكل ١٠ و ١١ و ١٢)

ويحدد صانع المزايير الجزء الاسفل من انابيب الاسطوانية بمخروط ناقص مثل **ابض ط** (شكل ١٣) وتكون الانابيب التي نغماتها كنغمات النغير ومجموعها يقال له حركة النغير وهو **ابض ط** (شكل ١٤) مصنوعة بوجه تام على شكل مخروط ناقص

ويجسم المعمار لاجل المتانة اعمدة ابنته من مبدء القاعدة الى ثلث ارتفاعها بان يتقص منها دأتما طول القطر من مبدء القاعدة المذكورة الى الجزء الذي يكون عليه رأس العمود فاذا اريد صناعة اعمدة مرتفعة جدا بحيث لا يمكن اقتضاها من حجر واحد فالتصويرها وتقسيمها الى عدة اجزاء بواسطة جملة مستويات متوازية ثم تعتبر تلك الاجزاء المختلفة التي قسمنا اليها تلك الاعمدة مخاريط ناقصة (شكل ١٥) ونقطع حيث نذكر من هذه الاجزاء المسماة بالخارجات ونجعلها مخاريط ناقصة بسيطة

وقد يجعل مهندس السفن صواري سفنه على شكل الاعمدة بان يتقص منها على التدريج طول اقطارها من مبدء القاعدة الى الرأس وفي صناعة المخروط كبير من الطرق المشابهة للطرق المستعملة في صناعة الاسطوانة

فيمكن من مبدء الامر تأليف كثير الاضلاع المنتظم الذي هو **ابث ده**

ثم ان الطريقة التي ذكرناها انما ليست الا طريقة تقريبية فيبقى سلوك
طرق اخرى في صناعة المخروط مستمرة لا تخترم اصلا
وحاصلها انه يمكن صناعة سطوح مخروطية بواسطة المخرطة وذلك بان نوجه
الالة القاطعة وهي ح (شكل ١٧) الى دليل م ن القائم الثابت الموازي
لضلع اض قترسم تلك المخرطة في كل وضع من الالة المذكورة دائرة محورها
الخط المستقيم الذي يمر بطرفي المخرطة المذكورة ويتكون من مجموع الدوائر
المرسومة بهذه الكيفية سطح مخروط مثل ض ابث (شكل ١٧)
وبذلك يحدث معناد وامة ض اث (شكل ١٨)
ويمكن صناعة المخروط القائم المستدير بإدارة الخط الراسم اى المحدث حول
محور ض و (شكل ٣) ويحدث عن هذا الخط دائما زاوية واحدة
مع المحور المذكور (راجع الدرس الحادى عشر)
وبهذا البيان يمكن احداث اى مخروط بواسطة خط مستقيم متحرك يمزج دائما
بالنقطة المبعولة رأسا

(بيان استعمال آلة التصوير)

تستعمل هذا الالة لنقل صورة ابث د الخ مع الضبط والاحكام
بان يدور قضيب قائم حول نقطة ض الثابتة ويسكن باحد طرفيه على الرسم
الجانبى وهو ابث د المذكور ويسند الطرف الاخر الذى فيه قلم
الرصاص المستن على ورقة مستطيلة يكون مستويا موازيا لمستوى الصورة
فاذن يكون المنعنى وهو ا ر ش الخ المرسوم بالقلم المذكور مشابها
لرسم الجانبى وهو ابث د الخ

وبرهان ذلك ان نمذ و ص و (شكل ١٩) عمودا على المستويين
الموازيين من الرسم الجانبى وصورته فيكون و و هما النقطتان

الثان يتلاقى فيهما العمود المذكور مع هذين المستويين وتقرض ان القضيب
المستقيم المستعمل في رسم الصورة في وضع من اوضاع تلك الصورة مثل
اض ا وثغ وا و وا فتقول ان مثلثي اض و و اض و
المستطيلين متشابهان وذلك لان زاوية اض و تساوي زاوية اض و
لانهما متماثلتان في الرأس وزيادة على ذلك او و او متوازيان
فاذن يكون مثلثا اض و و اض و متشابهين ويتصل معنا
هذا التناسب وهو

ض و : ض و :: ض ا : ض ا :: وا : وا ونبرهن
ايضا على ذلك فتقول ان

ص و : ص و :: ض ا : ض ا :: ص ب : ص ب -
:: ض ث : ض ث :: ض د : ض د وهلم جرا
و ض و : ض و :: وا : وا :: وب : وب -
:: و ث : و ث :: ود : ود وهلم جرا

فاذن تكون خطوط وا و وا و وب و و و و و و
الخ متوازية متنى وبناء على ذلك يكون ا ب ث د ه ف الخ
و ا ر ث د ه ف الخ شكلين متشابهين وتكون خطوطهما المتناظرة
موازية ومناسبة لابعاد نقطة ضه الثابتة ولستويي الرسم الجائبي
وصورته فاذن يكون ذلك الرسم وهو ا ب ث د وصورته وهي ايضا
ا ر ث د متشابهين

وهناك سطوح مرسومة بطبيعتها على صورة سطوح مخروطة ترسم بالة
التصوير المسماة فيزيونوتراس ورسمها بهذه الصورة ناشئ عن الاشعة

الخارجة من كل نقطة من قطب الضوء فان هذه الاشعة تدخل في العين بواسطة الحدقة وتقاطع في نقطة ض (شكل ٢٢) حتى تصل الى سطح ح المسحوق او الياف العين المشبكة بالشبكة وهذه الالياف هي الصورة التي تنطبع فيها المحيطات الطبيعية وتبقى فيها الوان الاشياء على ما هي عليه وقد ينتقل هذا التأثير الحاصل في الياف العين المذكورة الى الوتر البصري فيصوله الى الدماغ الذي هو محل العقل

فعند ذلك يتم عند الانسان وعند اغلب الحيوانات وضع النظر العجيب بواسطة السطوح المحروطة المرسومة في الفراغ وفي داخل العين بواسطة اشعة الضوء التي تحدثها الاجسام المضيئة في سائر الجهات بنفسها او بواسطة الضوء المنعكس في جميع الجهات

ثم ان جميع الكواكب المضيئة التي تظهر في السماء مدة ليلة معينة وكذلك سائر الاجسام التي تولد منها صورة متسعة في يوم هـ وتظهر في رأي العين بجميع نسبها واشكالها والوانها وتنوعاتها بواسطة المخاريط التي ذكرنا وضعها

(بيان الاوضة المظلمة)

ثم ان ارباب الفنون والصنائع قد ينسجون في صناعتهم على منوال ما ابتدعه القدرة الالهية من ذلك انهم اذا ارادوا رسم اوضة مثلا جعلوها على صورة حدقة العين كيلا يدخل فيها الضوء الا بواسطة زجاجة محدبة من الوجهين على شكل عدسى يشبه حدقة العين التي هي ض (شكل ٢٢) فيحول الضوء الاجسام والوانها واشكالها وحرركاتها الى جوانب هذه الاوضة كما يحولها الى الياف العين المشبكة وهي ا-ب-د فاذا تلقينا هذا الضوء على ورقة امكن رسم محيطات هذه الاجسام التي رسمها ذلك الضوء وتحصيل الوانها وظلالها واضوائها

واذا لم يمكن ان الاشعة الخارجة من نقطة ض المنفرة (شكل ٢٠)

التي تقابل سطح $ا ر ث ه ف$ المظلم تتجاوز هذا السطح فان الاشعة التي ترسم محيط السطح المذكور تمتد وتصل في امتدادها جزء الفراغ المضيء بواسطة الجسم المضيء من جزء آخر محجوب عن الضوء بواسطة الجسم المظلم ويقال لهذا الجزء المحجوب عن الضوء ظل الجسم المظلم مثلاً اذا كان سطح اوجسم مظلم موضوعاً امام كوكب مضيء فان ظل السطح اوالجسم المذكور يكون محدداً بـ سطح مخروطي رأسه ذلك الكوكب المضيء
 * (بيان الصورة الخيالية) *

اذا اردنا ان نرسم على اى مستو كان صوراً مشابهة لرسوم جانبية مقروضة استعملنا في ذلك خاصية الاشعة المضيئة وذلك بلان نضع (شكل ٢٠) الرسم الجانبى الذى نريد النسخ على منواله وهو $ا ر ث ه ف$ الخ في مستو مواز للمستوى الذى يراد رسم الصورة عليه فاذا كان هناك نور كنور الشمعة مثلاً موضوع على بعد مناسب صاد ذلك النور رأس المخروط الذى تكون قاعدته الرسم الجانبى المطلوب اخذ فتمتد المخروط الى مستوى الصورة بحيث يرسم هذا المخروط على المستوى المذكور قاعدة جديدة كقاعدة $ا ب ث د$ الخ مشابهة للاولى ومحددة بالمحيط المجعول حدّاً للظل الذى تنقله الصورة وهذه القاعدة هي صورة الرسم الجانبى الخيالية وما قدمناه في شكل ١٩ من الحروف الدالة على آلة التصوير ابتناه ايضا شكل ٢٠ الدال على الظل المنقول لان البرهنة التى ذكرناها في شكل ١٩ تجرى ايضا في شكل ٢٠ مع غاية الضبط والنتيجة في كل واحدة

* (بيان التحيال الظلى) *

قد استحسن في تسليية الغلمان وتعليمهم استعمال خاصية السطوح المخروطية لانها تحدث على مستو مقروض رسماً جانبياً صحيحاً من شكل واحد وعدة اشكال حتى ان الضوء المنفرد تستضيء به صور متخذة من المقتوى او صور اشخاص حقيقية وينعكس به ظل الالعب التى يصنعها هؤلاء الاشخاص

على حجارة متجيب ما وراءها ويدخل الضوء بواسطتها في الاجزاء المضيئة لتكون
 حجرة في عين الناظر عن الاجزاء الموضوعة في الظل غير اناما وهذه الاجزاء
 الاخيرة هي قواعد السطوح المخروطية التي رأسها السراج او غيره من
 الاجسام المنيرة خلف الستارة واضلاعها تمر بالرسم الجانبي من الاشخاص
 المطلوب معرفة وضعهم وصورتهم

فاذا كان جسم أ ب (شكل ٢١) الذي ظله وهو م ن منعكس
 على ستارة ر ر يبعد عن النقطة المضيئة وهي ض ويقرب من ا -
 فان الظل المنعكس بواسطة أ ب ليس الا ظل م ن وهو ناقص
 دائما وبهذه الطريقة اذا مكث الجسم المضيء على حالته الاولى فانه يكتفي
 في تقيص امتداد الظل ان تقرب الجسم للرسم من الستارة بخلاف
 ما اذا بعد عنها فان الظل المذكور ينمو ويمتد على التدريج وكذلك
 في صورة العكس يعني انه اذا جعلنا الجسم المرسوم فارا ثابته والجسم المضيء
 هو الذي يبعد او يقرب من الستارة فان الظل المنعكس ايضا يزيد
 وينقص

واذا بقي كل من التغير الموجود في مقدار الظلال وتغير الالاعاب المتولد من
 حركة تلك الظلال على حالة واحدة فانه يترتب عليهما فائدة الالاعاب المذكورة
 وقد تقتضي خواص السطوح المخروطية ان نجعل ما يلايم هذا اللعب النظري
 من الاشياء والنسب رسوما هندسية محكمة الضبط ولنتكلم الآن على
 عمليات اهم من عمليات الخيال التلقائي فنقول

*** (بيان قاعدة علم المنظر) ***

اذا وجه من نقطة ض الثابتة (شكل ٢٢) سائر الاشعة النظرية
 الممكنة على خط أ ب ض د المنحني تكون من هذه الاشعة مخروط
ض ا ب ث د واذا منعا قطاع ا ر ث د في هذا المخروط

بواسطة م ن فان هذا الشكل الذي هو ا ب ث د تكون
صورته على مستوى م ن كصورة ا ب ث د اى كنظره وتنطبع
صورته في النظر بمعنى انه يحدث على الياف العين المشبكة صورة
ا ب ث د لان خطوط ض ا و ض ا و ض ا و ض ب
و ض ث و ض ث وهم جرا المستقيمة تحتلط ببعضها مشق
فاذن يكون الغرض من علم النظر تحصيل صورة الاشياء كما يحدثها على الياف
العين المشبكة عند درويتها من نقطة ض فاذا كانت هذه الاشياء ناشئة
عن جسم او عن منظره عسر علينا في الغالب تمييزها وربما اخطأنا عند رؤية
ما شابهها وذلك يكون عند الاعتناء بهذا الفن وهذا هو منشأ انشراح الصدر
وابساط النفس الذي يحدث للناظر عند مشاهدة المناظر المحركة
الصناعة

واذا لم تكن عين الناظر في نقطة ض فان مخروط ض ا ر ث تتغير
صورته ولا يحدث على الياف العين المشبكة صور تماشاه للصورة التي
تحدث عن نفس الجسم وهذا هو التأثير الغير المقبول الذي يحصل للانسان
كبيرا او قليلا متى جعل نظره في وضع مخالف للنقطة النظرية وانما سميت
النقطة المذكورة بهذا الاسم لانه بواسطة ما يشاهد المنظر ليحظى الانسان
بثمرة تأنيده ويتمتع بها كل التمتع

وقد ينشأ عن منظر الخطوط المنحنية اشكال مخروطية وعن منظر
الاشكال المضلعة اهرام بواسطة اجتماع الاشعة النظرية من الخطوط
المستقيمة الممتدة من العين الى محيطات هذه الخطوط المنحنية
او المضلعات

فاذا اعتبرنا مضلعا منتظما يكون موازيا لمستوى الصورة واعتبرنا ايضا
ان الشعاع النظرى الممتد من مركز المضلع المذكور يكون عموديا على

المستوى المذكور فان النظر يكون مشابها للمضلع المذكور وتكون الصورة المرسومة على الياق العين المشبكة هي نفس المضلع المتكامل لكن اذا رسمنا منظر هذا المضلع وغيرنا وضع نقطة النظر كانت الصورة التي ترسم في الاليف المشبكة غير منتظمة وبترأى لنا ان المضلع ممتد من جهة ومنقبض من الجهة العمودية

فاذا لم يكن الشكل المطلوب رجة موضوعا على مستو مواز لمستوى الصورة فان النظر يباين من جهة صورته الجسم المرسوم تباينا عاما ويظهر من هذا التباين تنوعات لانهاية لها ومع ذلك فهناك قواعد مهمة عامة النفع في اختصار عمليات النظر التي لابد منها لكثير من الصناعات والعمارة جية ومهندسي البلدان والمزخرفين وتقاضي الجماعات وغير ذلك

فاذا كان مستقيما أ ب و ث د (شكل ٢٣) موازيين من مبدأ الامر لمستوى الصورة وهو م ن قلنا ان قول ان منظرهما الموجودين على هذه الصورة وهما ا و ب يكونان مستقيمين متوازيين

وبرهان ذلك اننا اذا مددنا الاشعة النظرية التي هي ض ا ا و ص ب ب و ض ث ث و ض د د فان خطوط أ ب و ا ب و ث د و ث د تكون متوازية ويكون خطا أ ب و ث د متوازيين فاذن يكون خطا المنظر وهما ا و ب متوازيين ايضا وبناء على ذلك لا يمكن تلاقى هذه الخطوط النظرية

ولنفرض الآن ان خطوط أ ب و ث د و هـ ف المتوازية (شكل ٢٤) تكون غير موازية لمستوى الصورة وهي م ن فتمد من النقطة النظرية وهي ض الى صورة م ن مستقيم

ض و موازيا لخطوط أ ب و ث د و ه ف المستقيمة المطلوب وضع
 منظرها ثم تمد شعاع ض أ و ض ب النظريين اللذين يقطعان
 الصورة في أ و ب فاذن يكون هذان الشعاعان في مستويهما نقطة ض
 ويخط أ ب وكذلك يخط ض و الموازي لخط أ ب فاذن يكون
 كل من نقط أ و ب و و الثلاثة الموضوعة على المستوى واللوح
 خطوط مستقيمة فاذن يكون خط أ ب الممتد مارا بنقطة و ويبرهن
 بمثل ذلك على خطوط ث د و ث ف الخ فاذن يثبت المطلوب وحيث
 نخطوط أ ب و ث د و ه ف الخ التي هي مناظر لتوازيات أ ب
 و ث د و ه ف دائما تمر اذا امتدت على حسب الاقتضاء بنقطة
 و عند ما تكون خطوط أ ب و ث د و ه ف غير موازية
 لمستوى اللوح ويقال لهذا النقطة الشهيرة نقطة مجمع منظر خطوط أ ب
 و ث د و ه ف الخ المتوازية فاذا رسمنا مناظر صور يكون عليها
 كثير من الخطوط المتوازية فمن المفيد ان نعين نقطة المجمع من خطوط
 كل اتجاه فيحصل من ذلك نقطة منظر كل من هذه الخطوط فيكني اذن معرفة
 نقطة ثانية لاجل تحديد رسمها

(بيان اجراء علم المنظر في فن العمارة)

يمكن ان نستخرج قاعدة عظيمة من نقط المجمع المستعملة في عمليات علم المنظر
 وذلك عند مشاهدة رسم العمارة بطريقة المنظر فتكون اغلب الخطوط
 المستقيمة التي يرسمها المعماري موازية اما للمستوى المنتصب الذي يكون
 تابعا لاتجاه اوجه العمارة المراد رسمها واما للمستويات المنتصبة العمودية
 على هذه الواجهة وبالجمله فيكون بعض هذه الخطوط منتصبا وبعضها
 اقصيا

وحيث ان مستوى اللوح الذي يرسم عليه المنظر منتصب (شكل ٢٥)

فإن جميع الخطوط التي تكون منتصبه في العمارة تكون ايضا منتصبه في المنظر واما الخطوط الاقيية اعني الخطوط الموازية لمستوى الوجه فان نقطة مجدها المطلوب تعيينها تكون و وتعين ايضا نقطة مجمع الخطوط الاقيية العمودية على مستوى الوجه وهي و فاذن لا يكون معنا الانقطة واحدة تعين بخط منتصب وخط افقي وقد يظهر لنا من طريقة المساقط قواعد سهله تجد في هذا الغرض سبيلها عند ذكر تقاطع السطوح

فاذا كان هنالك خطوط متوازية يمكن مشاهدتها في المنظر ينبغي ان نبحث من اول وهلة هل هذه الخطوط الممتدة تمر بنقطة منفردة موضوعه وضعها لاتشام لانه هذه النقطة هي نقطة مجمع الخطوط المذكورة على الوح واذا شاهدنا برسم عمارة على لوح منتصب (شكل ٢٥) كما هي الكيفية الجارية في الرسم وفي نقش حسبا سبق لك آتفا فان النقطة الجامعة لجهة من الخطوط الاقيية المتوازية تكون موضوعة على المستوى الافقي المار بنقطة المنظر وذلك ان هذا المستوى المنفرد هو الذي يمكن مده حقيقة من النقطة المذكورة مواز بالخطوط الاقيية وحيث تكون النقطة الجامعة لمنظر الخطوط الاقيية الموازية للواجهة من جهة والنقطة الجامعة لمنظر الخطوط الاقيية العمودية على هذه الواجهة من جهة اخرى موضوعتين بارتفاع مساو لارتفاع نقطة المنظر وبناء على هذا الارتفاع تكون خطوط الاتجاهين الاقيين مشاهدة في المنظر على حسب مستقيم و و الافقي المرفوع بقدار ارتفاع نقطة المنظر ايضا

ويشاهد مع السهولة (شكل ٢٥) ان اعلا شبائك العمارة واسفلها الذين هما على صورة خط مستقيم يكونان كذلك على صورة خط مستقيم في رسم منظرهما وهذا هو في الحقيقة خاصية اجزاء الخط المستقيم المتنوعة سواء كانت منفصلة او غير منفصلة وذلك ان اتصال اجزاء الخط المستقيم المذكور ولو بخط وهمي يكفي في تأليف خط مستمر يكون منظره خطا مستقيما منفردا يشتمل على رسم جميع اجزاء الخط المستقيم المذكور والذي

يراد نظره

* (بيان اجراء عملية علم المنظر في التصوير) *

يجب على المصور ان يهتم وقت تصوير الشخص على اللوح بان لا يضعها في مستواحد ولا في وضع واحد لانه بدون ذلك تظهر تلك الشخص على ارتفاعات متساوية افئافسة على وجه منتظم بحيث انها اذا كانت واقعة مع التساوي كانت ارجلها موضوعة على خط مستقيم بل وكذلك جميع الركب والايدي والاذرع والرؤس تكون ايضا على خط مستقيم وبالمجمل فهذه الخطوط تتلاقى في نقطة واحدة وهذا ما تفر منه النفوس

ولاجل اجتناب هذه الكيفية المخلّة بالرسم يجب على المصور ان يهتم في وضع الشخص على ابعاد مختلفة من الناظر بان يتوهم عدة مستويات موازية لمستوى اللوح وفي المستوى الاول القريب من الناظر تنطبع الاشياء على اللوح بابعاد عظيمة مختصة بها فبعدا في المستوى الثاني اقل منه في الاول وفي الثالث اقل منه في الثاني وهكذا

ويضع المصورون عادة في اول مستوا وفيما يقرب منه الشخص من العملية التي تستدعي ابعادا تيقظ الناظر واتبأها بالكلية ويتراى للانسان بمقتضى المستوى الذي تكون فيه الصورة ان منظرها لا بد له من ابعاد فاذا لم يحدد المصور مع غاية الضبط كان رسمه فاسدا وكانت الشخص موضوع خارج الابعاد التي اراد تحديدها واما اذا اجاد وضعها بان وضع رؤسها وضعا محكما ووجه احداق اعينها توجهها منتظما فان الصور التي ينبغي نظرها لا تنتظر

وقد يخطئ المصورون في امور كثيرة وبعدونها مخالفة للمنظر لاسباب في رسم الاجسام والاذرع والاعصاب التي ليست استقامتها موازية لمستوى اللوح وبذلك تكون في الغالب ناقصة في الطول

وهذا الاختصار هو ما يجب شئ في الرسم عند ارباب الصناعة فلا يمكنهم تصويرها في الغالب الا اذا وضعوا ارنيكات في المحل الذي يريدون رسمه ويكون

على حسب وضع الارنيكات وقوفهم في الحمل الذي يكون فيه وضع الناصر
على حسب الحمل الذي يريدون رسمه
وما ذكرناه من القواعد القليلة يكفي في صور كثيرة ليعرف فيها صحة منظر الصور
التي نعرفها او عدم صحتها ويحصل في الغالب ان البناتين والمصورين
لا يدركون قواعد علم المنظر على حقيقتها فيضطربون في العملية خطأ فاحشا فاذا
اتسعت دائرة العلوم الهندسية وانتشرت عند اغلب اهل اوروبا ظهر ان الخطأ
الكبير الذي لا يأتأثر منه الا القليل من ارباب المعارف في وقتنا هذا يأتأثر منه
عامة الناس ويتأذون منه جميعا ولا يمكن للصناعات اجتنابه بدون تعب
شديد فيعيرون على الممارسة وبذل الجهد في تطبيقات العلوم الهندسية على علم
المنظر فيحصل حينئذ لاشغالهم صحة التناسب اللازمة للاشغال التامة
في القنون المستطرفة كما هي لازمة في القنون التي ليس الغرض منها الا ضبط
الاشكال

*** (بيان اجراء علم المنظر في رسم الآلات ومحصولات الصناعة) ***

اذا اريد رسم محصولات الصناعة والآلات استعمال في ذلك غالبا علم المنظر
ومزية هذا العلم على طريقة المساقط العادية هي اظهار كبير من الاجراء التي
يجب بعضها بعضا بواسطة طريقة المساقط مثلا قد جرت العادة في
استعمال المساقط بخطوط متوازية ان تأخذ مستوى المسقط المنتصب
موازيا لواجهة العمارة او عمودا عليها في الصورة الاولى لا تظهر الا ضلاع
الصغيرة من العمارة ولا تشاهد في الثانية تحق في الواجهة بنفسها بخلاف علم
المنظر فقائده اظهار وجهي العمارة دفعة واحدة كما تراه
في (شكل ٢٥)

وتستعمل قاعدة المساقط في رسم منظر اى صورة كانت مع الدقة والضبط
فاذا فرضنا ان هذه الصورة نقطة النظر موجودان في المساقط الاضية
والمنتسبة وكذلك اثر اللوح تفصل معن منظر اى نقطة كانت من هذه
الصورة بواسطة رسم خط مستقيم ممتد من هذه النقطة الى النقطة النظرية

وبواسطة البحث عن تقاطع هذا الخط بمستوى الصورة (راجع الدرس الثالث عشر) وينبغي للمعلم ان يوضح هذه الطريقة ببعض امثلة جرتية مع ما يلزم لها من الاشكال وذلك كنظر مربع او مكعب
واذا اردنا ان تأخذ رسم عمارة او شيء مصنوع او آلة بواسطة علم المنظر فمائدة ذلك العلم هو انه يسهل علينا رسم جميع ما يقع عليه البصر من الصور على حقيقته بدون ان يحتمل منه شيء فينبغي حينئذ مزيد الاهتمام بتعريف التلامذة على انواع هذا الرسم المختلفة التي يجدون لها طرقا سهلة في كثير من المؤلفات المعبرة

*** (بيان اجراء عملية علم المنظر في زخرفة محل الالعاب) ***

ينبغي لمزخرف محل الالعاب لاجل تحسين الالعاب المذكورة واستجلاب الناس اليها في محل اللعب ان يستعمل او لا صورة كبيرة متسعة وهي الستارة التي تكون بداخل الملعب ويرسم عليها منظر العمارات والبلاد ثم يضع من الجهتين على حسب خطين بعيدين عن بعضهما اعمريين من الناظر عدة صور غير متسعة هي رفعة موازية لبعضها والستارة المتقدمة وليست تلك الصور في الحقيقة الاغشية للزينة فيرسم عليها الشجارات او اعمدة مقفوفة او اجراء متصلة لكن هذه الطريقة ليست مستكملة للشروط لان الخطوط التي ترسم على الاغشية المذكورة يحدث عنها اجراء مخط مستقيم تشاهد من نقطة النظر ويظهر ان تلك الخطوط لا يحدث عنها الاخط واحدا لانها لا تكون على استقامة واحدة اذا شوهدت من نقطة اخرى من محل اللعب غير نقطة النظر ومع وجود هذا التلل يكون لهذا المنظر المزخرف للرسم رسما جيدا مشابهة كلية بحقائق الاشياء كي يسر المتفرجون الجالسون في الملعب على اختلاف مجالسهم سرورا تاما برؤيتهم ما يروق لتأطرو ويحبب التأطرو

*** (بيان اجراء عملية المساقط المخروطية في علم الجغرافيا) ***

يستعمل في رسم الاشياء الشهيرة الفاشهرة على الكرة الارضية او على الكرة السماوية كيفية المساقط المخروطية المضاهية لعلم المنظر

ثم ان المخاريط المترجحة مشى او ثلاث والا سطوانات المترجحة ايضا بهذه
المناسبة يقل استعمالها في علم الميكانيكة مع ان استعمالها فيه فائدة عظيمة
في كثير من الصور

فقد يستعمل فيه مخاريط منتظمة مصقولة (شكل ٢٦) لاجل نقل
حركة الدوران من محور الى آخر بواسطة الحماكة في صورة ما اذا كان المحوران
غير متوازيين

ويستعمل فيه ايضا المخاريط المنتظمة المضرسة (شكل ٢٧) لاجل
هذا الغرض بعينه

واذا اراد المعمار استعمال اعمدة كثيرة حلها الى مخاريط ناقصة تكون
مضرسة اذا كانت الاعمدة ايضا مضرسة وفن تضريس الاعمدة يستدعي غاية
الضبط والاتقان في العمل ومما يستدل به على المهارة النادرة الوجود ان
اكتسبها الشغالون الذين كانوا يشتغلون في عمارة بلاد آتينسا مدة
القرن التي كانت فيها هذه المدينة على غاية من السوء والفخار والبراعة
في الفنون والصنائع هو كمال تفصيل تضريس الاعمدة الكبيرة على صورة
سطوح مخروطية وتتمام التعديل لهذه المخاريط الناقصة ليحدث من ذلك
تضريس مستطيلة مع الضبط والاحكام مبدءا هارأس العمود وغايتها
قاعدته

وليست صحة تضريس الطارات المخروطية مقصورة على الزينة والرافاهية
بل تكون ايضا في تضريس الاعمدة ويترتب على صحة التضريسات وضبطها
سهولة نقل الحركات وتدبيره وتنظيمه كما سيأتي ذلك عند الكلام على حركة
التعشيق (راجع الجزء الاول من الميكانيكة في المجلد الثاني من هذا
الكتاب)

(الدرس العاشر)

في بيان السطوح المنتشرة والسطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء وغير
ذلك

كل سطح يمكن انتشاره وبسطه او انفراد على اى مستوي دون ان يكون في هذه العملية جزء من اجزاء السطح يجب امتداده او تقباضه او تضعيفه فانه يسمى سطحاً منتشراً

وقد اختبرنا فيما تقدم نوعين مهمين من السطوح المنتشرة وهما نوع الاسطوانة والمخروط وعلينا ان يمكن في الحقيقة انتشار هذه السطوح على اى مستوي دون كسر وانطواء وعلينا ايضا عكس ذلك اى انه يمكن انحناء جزء من المستوي بدون انطواء أو كسر بحيث يمكن صناعة اسطوانة او مخروط تكون صورته وابعاده معلومين

وبالجملة فقد علم انه يمكن اعتبار الاسطوانة كمنشور مركب من اوجه مستوية كثيرة العدد على صورة شكل متوازي الاضلاع ويمكن اعتبار المخروط كالمهرم المركب من اوجه كثيرة العدد ايضا على شكل مثلث ضيق جدا

ويمكن ايضا ان نعتبر السطح المنتشر (شكل ١) كانه مركب من

اوجه صغيرة مستوية مثل ١١ - و - ب ث و ث د الخ

منتهية بخطوط مستقيمة مثل ١١ و ب - و ث د الخ وتسمى هذه الخطوط اضلاعا

فاذا اردنا انتشار هذا السطح المنحني على صورة سطح مستو فالتساى بتدري

بادارة وجه ١١ - حول ضلع ١ - حتى يوضع في مستو واحد مع

وجه ب - ث الثاني ثم ندير هذين الوجهين حول ضلع ب - ث

حتى يكونا معاً في مستوي وجه ث د الثالث ثم نستمر على هذه

الكيفية الى الوجه الاخير فيحصل حينئذ معنا انتشار السطح المنحني بتمامه

ثم ان الفرق الذي يكون بين المخروط والسطح المنتشر هو ان جميع الالوجه التي على

صورة الزاوية تكون رؤى ما في نقطة واحدة بخلاف اوجه السطح المنتشر فان

١ و ب و ث التي هي زوايا وجه ١١ - و - ب ث

و ش ث هـ وهلم جرا تكون مختلفة الوضع

وكذلك يعتبر المهندسون ان المخروط مرصص من طيتين (رابع الدرس التاسع) (شكل ١) وكذلك السطوح المنتشرة واحدى هاتين الطينتين ترسم على الوجه الذى ذكرناه فى الدرس المتقدم واما الثانية فتترسم بواسطة امتداد الاضلاع الى ا ب و ج د هـ و ش ث الخ خلف منحنى

ا ب ث د الخ ويقال لهذا المنحنى خط القهقرى والذى يلزم للقانون فى جميع الاحوال هو اعتبار احدى طبقى السطوح المنتشرة

(بيان اجراء العملية)

اذا اقتضى الحال حفظا شيئا ثمينة فاما تحيط بها بشئ اقل قيمة منها وتكون احاطتها عادة بمادة لينة مستوية كالقماش والورق والمقوى والجلود والحديد والصفى وتقوم ذلك بما يتخذ غلافا كالإيكاس وعطب الورق وغلاف الاسلحة وخضاه البضائع وجميع انواع العلب والقراطيس واغشية العطارين والاجرا خانة وهلم جرا

وهذه الغلافات مهما كان طيها او عدم طيها هي ضرورة قابلة للانتشار ويجب ان نلاحظ ان المادة التى تستعمل فى ذلك لاسيما اذا كانت من انواع المنسوجات وكانت قابلة للامتداد والانتفاخ تغير فى بعض الحالات بالنظر الى اشكالها الدقيقة السطح المنتشر كما اسلفنا الكلام على ذلك بمقتضى رأى المهندسين

(بيان اجراء العملية فى صناعة البسط والجوخ)

ينبغي ان نتكلم على السطوح التى تحدث عن البسط والجوخ التى هي معدة لزيينة المساكن والهياكل العمومية فاذا اقتصرنا فى هذا الشأن على اشكال السطوح المنتشرة المطابقة للهندسة على وجه الدقة والضبط تحصل معنا طيات مستقيمة ومحيطات موزعة مجردة عن الظرافة وعن التنوع فى الاشكال وتكون اقرب شها محيطات البسط الارتمكية

و يظهر ان امة اليونان هي اول امة عرفت واقتضت بواسطة ذكائها وفطنتها ما يمكن تحصيله بمطابقة الخاصيتين الموجودتين في الاقنسة احدهما كونها تنفي على شكل سطوح منتشرة من كبة من اضلاع مستقيمة والثانية كونها تنفي مع الانتظام والتساوي كي تبعد عن هذه الاشكال على التدرج حسبما تقتضيه الطرق التي يستحسنها الذوق السليم وهذه الطرق المستعملة في تزيين الابنية والعمارات تصلح ان تجعل اصولا عومية

ولترجع الى ما كابد في شأن السطوح المنتشرة على وجه الاتقان فتقول
سيأتي لك ان تلك السطوح تستعمل بكثرة في القنوت وترى ما يكون في الصناعة
من الفائدة في حل مسائلها على وجه هندسي

خاذا اردنا منسلا رسم سطح منتشر (شکل ۲) مارجنطی

اب شده ف و ارشوه ف الخنين الذين يساعون
مستوا واحد فرضا لاجل هذا الغرض ان مضى اب شده ف

مضلع مركب من عدة اضلاع مثل ا ب و ب ث و ث د
و د ه وهم جرائمناخذ مسطرة محكمة الوضع فنضع مسطها من احد
طرفها على ا ب ونديرها حول ا ب حتى يتقابل الطرف الثاني
بمنحني ا ر ش د ه في تقطى ا و ر القريتين منه جسدا وقد
خطوط ا ا و ب ر الخ المستقيمة وبعد تمام هذا نضع المسطرة على
وجه بحيث يكون وجهها العريض المستوي موضوعا دفعة واحدة على
ب ث و ب ر ونعين نقطة ث التي يتقابل فيها هذا الوجه المستوي مع

الخط المحي Σ ث ث ونين هذه الطريقة د و ه ه و ف
الح فيتمصل معاً حيث السطح المنتشر هو ا ب ث د ه ف

و ارشدهن الذي يخالف قلبا السطح المار بمنحنى

آب شاد ف و آرشاد ف (راجع الدرر الثالث عشر)

• (بيان نشر الاخشاب المنحنية) •

يلزم غالباً في عمارة المراكب نشر قطعة من الخشب على شكل سطوح يكون محيطها الاسفل وهو $a-b$ الخ ومحيطها الاعلا وهو $a-b$ الخ
مرسومين على وجهين من هذه القطعة فان اردنا اجراء عملية النشر بدون
اعوجاج المشار وقلبه لاجل تغيير شكل تلك القطعة المستوى او المنتشر لزم
ان يكون الخط المستقيم الحادث عن اسنان المنشار متجهاً بحيث يمتزج بالتعاقب
مع اضلاع $a-b$ و $a-b$ الخ (شكل ٢) فهذه الكيفية
يقسم المنشار قطعة الخشب ويرسم سطحا متشوا

(ان اجراء عملية السطوح المنتشرة في قطع الاجار) *

نستعمل السطوح المنتشرة بكثرة في قطع الاجار وهي عادة الاسطوانات
والخنايريط فلاجل بناء القنوت ذات الاشكال الصعبة نين شكل جميع
محيطات كل حجر ينبغي جعله في بناء هذه القنوة كل منيف ذلك في الدرس
الخاص بتقاطع السطوح ولذا يسمى هذا الحجر حجر العقد ولاجل ان تكون
العمارة على غاية من المتانة والصلابة ينبغي التمام هذه الاجار مع الدقة
باجزائها المختلفة التي يحمل بعضها بعضها ولذا يسمى بسطوح الالتحام فمن المهم
اذن ان تكون سطوح الالتحام محددة مع الاحكام والضبط الكلى لتصير
مكافئة في وجهي حجرى العقد اللذين ينبغي تطبيق احدهما على الآخر ويصل
الانسان الى هذا الغرض مع السهولة اذا جعل اوجه الالتحام منتشرة فيصنع
حينئذ ارنيك كل وجه منتشر سواء كان متخذاً من القوى او من الالواح
الرفيعة وغيرها يطبق الارنيك المذکور على وجه الالتحام ثم ينظر هل
المسطرة تنطبق انطباقاً كاملاً على هذا الوجه بموجب اتجاه الاضلاع
ام لا

ولا يمكن للانسان ان يعرف حق المعرفة ان سطوح الالتحام لابتنان يكون
لها في جميع اجزاء العمارة شكل مطابق للشكل المتقدم الا اذا ناله ذلك
بكيفية يتنهن ياريس وذلك لانه ترى بماقبة متسعة مرتفعة جدا على

اربعة صفوف من الاعمدة الطريقة ولاجل ان تكون العملية تامة ومضبوطة مع الموهلة تتمتع الخاريط الناقصة المستديرة التي يتركب منها طول العمود بفتحها من منتصفها كى تنضم حوافها بدون ظهور ادنى اثر في خارجها فاذا رأى الانسان هذه الاعمدة عند ارتقاها فإنه يجرد رؤيتها بترأى لها انما من اعظم ملح القنون بخلاف ما اذا وضع عليها تحمل عظيم من جهة القبوة فان حوافي الخاريط الناقصة المماسية لبعضها وليس لها سطوح كافية تقاوم هذا الثقل تنكسر بالكلية وتهبط القبة هبوطا كبيرا حتى يعتلى الفراغ الذي في داخل الخاريط الناقصة فيجبر الانسان ان حيثئذ على تشييد اكتاف عظيمة في وسط صفوف الاعمدة التي تسند عليها هذه القبوة ولا تظهر طرفاها لئلا يولجعت التحامات الخاريط الناقصة على صورة سطوح محكمة الوضع لبنى البناء على حالته ويؤخذ من علم الهندسة في هذا المعنى ما يستعمل من الوسائل في الصور السهلة والصعبة

فاذا اردنا ان نرسم مع الضبط للتام اضلاع حجر العقد المخنية وهي أ ب و ب ث و ث د و د أ و أ ر و ر ث و ث و و و د (شكل ٣) امكن لنا ان نتحدد لاجل كل وجه من وجوه الالتحام سطحا منتشرا مارادفة واحدة بخطى أ ب و أ ر و سطحا آخر مارا بخطى ب ث و ر ث و سطحا ثالثا مارا بخطى ث د و ث و و سطحا رابعا مارا بخطى د أ و د ر فاذا اجرينا ذلك في ابحار العقد المتجاورة تحققنا ان الالوجه المتماسية تنطبق على بعضها انطباقا كبيرا ومتى علمنا شكل أ ب و أ ر و ب ث و ر ث ومواضعها سهل علينا استعمال الطريقة المذكورة (شكل ٢) في تحديد كل سطح منتشر واذا اراد الصناعية ستر مسطح كبير بصفايح رفيعة لينة المادة فانهم ينتنون هذه الصفايح على شكل سطوح منتشرة وكيفية العمل هكذا

وهو انهم رسمون على المسطح المطلوب ستره (شكل ٤) خطوطاً منضبة

مثل ا ب ث د ه و ا ر ش د ه و ا ر ش د ه و ا ر ش د ه

تكون بعيدة عن بعضها بمسافة مساوية لعرض الصفائح التي يستعملونها

ثم يشرعون في نثني هذه الصفائح بحيث تترجم على ا ب ث د ه

و ا ر ش د ه ثم يغطي ا ر ش د ه و ا ر ش د ه وهلم جرا

ويضعونها عقب بعضها بمعنى انهم يجمعونها ببعضها بالاتحام او يطبقون اطرافها على بعضها بطريقة ثابتة

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في غطاء القنب والقنوات)

قد غطيت القنوت القاهرة التي في سوق القمح بمدينة باريس بصفائح من

النحاس على موجب الطريقة السابقة

(بيان اجراء عملية السطوح المنتشرة في تبطين السفن)

قد غطى مهندسو السفن الجزء الاسفل منها المسجي بالقارين كما تقدم على

حسب الطريقة السابقة بصفائح من النحاس كما في ا ب ث د ه

(شكل ٧) وتكون اطراف هذه الصفائح مصلحة ومفصلة على صورة خط

مستقيم مع ان اصلاحها في الغالب انما يكون على صورة خط لا يتقدم مع

المحيط اتحاداً كلياً غير ان الغطاء الذي ليس مساوياً لجميع الزوايا ولا مستقيماً

على سائر الاضلاع يحدث عنه كيفية واحدة كما اذا قطعنا صفائح النحاس

وجعلناها على صورة محيط موافق لكمال تعديلها عند فرضنا انها ملتحمة

ومتلاصقة ببعضها

وهذه الطريقة المستعملة عند مهندسي السفن مستعملة مع غاية النجاح

والفائدة وذلك لان سطح القارين عظيم جداً بالنسبة لامتداد كل صفحة

تستعمل في التبطين ولان النحاس المستعمل في هذه العملية يمتد جزؤه

المتوسط قليلاً حتى يكون متجهاً في كل نقطة على حسب اتجاهي انحناء

القارين ويريد ذلك وضوحاً عند بيان انحناء السطوح من حيث هي

ثم ان صانع القوى الذي يصنع عدة سطوح مختلفة بواسطة افرخ من الورق او من القوى ملصوقة احدها على الاخر بواسطة الغراء ويجاور بعضها بعض يحدث جملة من السطوح المنتشرة ككثيرة التنوع في شكلها وتناسب وضعها

واذا اراد صانع العربات ان يصنع عربة وضع قطع الحديد والخشب التي يتكون منها المحيطات التي على شكل الزاوية من العربة واوضاع الابواب والشبابيك ونحو ذلك وينبغي له ان يستالمسافات التي تعينها تلك الاوضاع والمحيطات الاصلية ويصنع ذلك بواسطة الواح من الخشب الرقيق اللين الذي يثنيه على صورة سطوح منتشرة ثم يحيطات مفروضة فيحتاج اذن الى معرفة حل المسئلة التي في شكل ٢ و ٣ ثم ان كلاما من النحاس وصانع المداخن والسكركي محتاج لمعرفة حل المسئلة المذكورة فانه في صناعة المداخن وكثير من القدور المستعملة في المعامل مثلا ينبغي في الغالب لاجل تصليح اعلا تلك المداخن والقدور بواسطة الانبوبة ان يرسم سطح منتشر يمز دقة واحدة بقاعدة

ا ب ث د السفلى (شكل ٥) اياما كانت صورتها وبقاعدة ا ر ث د العليا ذات الشكل المستدير كالانبوبة فيجب حينئذ ان يعرف حق المعرفة المحيط الذي يلزم جعله لصفحة الحديد او الجملة من الصفائح المعدنية المستوية التي يحدث منها عند ثنيها على وجه مناسب سطح منتشر يمز دقة واحدة بقاعدتي ا ب ث د و ا ر ث د وسنكلم على هذه المسئلة في الدرس الرابع عشر الذي يتعلق بالمماسات

وقد استحسن تغطية السطوح بحبل طويلة منتشرة فهي اولى من تغطيتها بصفائح صغيرة منتشرة كما في (شكل ٤) واذا ليس العساكر دروعهم رأيت معظم القطع التي تستر اجسامهم واعضاءهم على شكل سطوح منتشرة وهي في الغالب عدة جلب مخروطية او اسطوانية مصنوعة بالسهولة بواسطة صفائح معدنية ذات المنحنا واحده

وليس هنالك من القطع ما ينبغي ان يكون ذا اتحناتين كالخودة مثلاً لا مقدار قليل حيث يستعمل في ذلك سطوح منتشرة كالبيضة المتخذة من الحديد وقد يظهر من عمارة السفن عملية مستحسنة في شأن السطوح المنتشرة المنتظمة بواسطة الجلب

وحاصلها ان السفينة اذا كانت مضلعة فانها تكون على صورة سلسلة من **و ح ح** (شكل ٦) المركبة من قطع خشب مزدوجة وهذه المزدوجات وهي ١ و ٢ و ٣ التي ترتفع في مستويات منتصبة يكون بينها مسافات خالية (صه صه صه) وشكل ٨ يدل على الارتفاع اى اتصاب المزدوج المنتصف اى الذى فى الوسط ولاجل تميم القارين المرسوم بهذه الكيفية ناخذ الواح معتدلة معلومة السمك ويكون محيطها مضلعا على وجه مناسب ونضعها بالتطبيق على وجه المزدوجات الخارجى ثم نثنيها مع السهولة ليحدث عنها سطوح منتشرة تسمى بالجوانب لكونها تقطع سطح السفينة وتكتنفه وتنطبق عليه انطباقاً تاماً بحيث تكون الاضلاع على الاضلاع والاطراف على الاطراف وقد يؤخذ من علم الهندسة طريقة عظيمة دقيقة في اصلاح هذه القطع

وذلك انه اذا وضعنا الجوانب من مبدء القاعدة الى **أ ب ث د** وارادنا ان نضع الجانب الاعلا المنحصر بين خطي **أ ب ث د** و **أ ر ث د** فالتأخذ من تقطعي **صه** و **صه** الموضوعتين وضعنا مسابين **أ ب ث د** و **أ ر ث د** خيطاً ينطبق على المزدوجات فاذا فرضنا ان المحيط المراد عمله يكون بحكم العمل والوضع وان الخيط المذكور يكون موضوعاً بالكيسة على سطح الجانب المنطبق على اضلاع السفينة فالتأخذ من هذا الجانب اى فجعله منتصباً فاما الخيط الذى يبين على سطح القارين الخط الاصغر الكائنين تقطعي **صه** و **صه** يستمر دائماً على ان يبين الخط الاصغر الذى يمكن رسمه بين هاتين النقطتين على السطح

المنتشر اعني على المستوى حيث ان الخط الاصغر الذي يمكن رسمه على المستوى هو الخط المستقيم فاذا كان يكون منه خطا مستقيما (شكل ٦ مكرر) مادام على الجانب يحفظ وضعه الذي يجعله اقصر خط بين نقطتي منه و منه اي على القارين

فاذا وضعنا ذلك الخط على القارين عينا على طوله قط ١ و ٢ و ٣ الخ وبهذه النقط العمودية على اتجاه الخط نمر بعيدان من الخشب متجهة اتجاها عوديا على اتجاه الخط المتقدم فتصل هذه العبدان من احد طرفيها بحيط اب ث د ه الخ ومن الطرف الاخر بحيط ا ر ش د ه الخ اللذين ينبغي ان تطبق بينهما الجانب الجديد انطباقا محكما

فتقيم حيثما خط منه منه ثم نشده على لوح ع ش كل (شكل ٦ مكرر) بحيث تكون عبدان ١١١ و ٢٢٢ و ٣٣٣ و ٤٤٤ الخ الصغيرة عمودية على الخط المذكور ورسم عدة اشكال مضلعة مثل اشكال ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ التي يتكون منها خيطان متضيقان مستطيلان فتدل هذه الاشكال دلالة صحيحة على الجزء الاسفل والاعلا من المحيط الطولي من الجانب

ولا يكفي معرفة هذه المحيطات قط بل يجب ايضا ان نعرف في كل نقطة من قط ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ الزاوية التي تحدث عن الجانب المراد وضعه والقارين ليكون وجه الالتحام منطبقا انطباقا تاما على التمام الجانب المتصل ويجري ذلك بواسطة اتجاه احد ضلعي المسطرة المثبتة المتحركة على حسب اتجاه اى عود كان واتجاه الضلع الاخر على حسب وجه التمام الجانب الموضوع قبل ذلك توجهها عوديا على ضلع هذا الجانب المتصل بالقارين واذا قطعنا لوح ع ش كل يسلطه او قادوم لم يبق علينا الاقل تلك الزوايا الى قط ١ و ٢ و ٣ و ٤

الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ على وجه التقابل واتساطر
ولاجل اجتناب الخلط عند رسم النجار بواسطة مسطرته المثلثية المتحركة
الزاوية التي تحدث في نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ عن الجانب الجليد
والجانب الملتصق الموضوع قبل ذلك يضع ضلع المسطرة المثلثية المتحركة
وهو ط منه على طرف لوح ن ح (شكل ٦ ثالث) ثم يرسم
خطا مستقيما على طول الضلع الاخر وهو ضه ر ومتى كانت الخطوط
كلها موضوعة مع الانتظام الموجود في وضع عبدان ١ و ٢ و ٣
و ٤ الخ التي تقابل نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ سهل على النجار
معرفة الثقب الذي يلزم جعله لكل نقطة من نقط ١ و ٢ و ٣ و ٤ الخ
لاجل رسم الضلع الصغير من الجانب على حسب ما يناسب الواجهة الكبيرة
من الميل

ومما ينبغي التنبيه عليه ان الطريقة المذكورة التي يكون بها السطح القادرين
شكل مخصوص يمكن اجراؤها في عمارة السفن بل وفي كل نوع من العمارات
المدنية والعسكرية وهذا من اعظم الطرق اللطيفة والفوائد العظيمة الطريقة
التي نتجت عن تطبيق الهندسة على الفنون ومن اجل الخواص التي تظهرها
الهندسة في السطوح

(بيان الانموذجات والارانيك المنتشرة)

اذا اريد ان يصنع في الفنون سطوح منحنية منتبهة ببعض خطوط فاننا نقسم
هذه السطوح الى اجزاء يمكن اعتبارها كالسطوح المنتشرة تقريبا وانما أخذ
صورتها بواسطة الانموذجات والارانيك المتخذة من الورق والمقوى التي يحدث
عنها سطوح حقيقية منتشرة مع وجود اشغائها الطبيعي بدون تمزق وانطواء
وهذه هي الارانيك التي يستعملها الخياطون ونحوهم في تفصيل ملابس
الرجال والنساء

(بيان اجراء العملية في تفصيل ائنة اللبوسات)

الغرض من تطبيق الهندسة تطبيقا مفيدا هو انتظام تفصيل عدة اجزاء

متنوعة من الملابس بحيث لا يضيع به الاقطع صغيرة من القماش المطلوب تفصيله ومع عدم استعمال المسطرة والبيكار في هذه العملية ينبغي ان يعتد ان مهارة الخياط وقوة تقوم مقام ذلك في هذه العملية الهندسية الدقيقة التي تستدعي في آن واحد امعان النظر وعز يد التأمل وكثرة التجربة في معرفة تفاوت الاجسام البشرية وما يناسبها من اشكال السطوح المنتشرة الصالحة لصناعة الملابس

واذا قطع النظر عن التوفير في الملابس و اريد جعلها مناسبة لما تقتضيه العادة او قصديها المباهاة والتفاخر فان لذلك اصولا تتعلق بقواعد هندسية واصول ميكانيكية في صور كثيرة

وينبغي ان تستحضر في شأن الملابس ما اسلفنا من المحفوظات المتعلقة بالجوخ والبسط بالنظر الى سطوحها المنتشرة القابلة للاستمداد والانكماش في عدة اجزاء وهذا هو منشأ لينها ومرورها ولما كان لهذه الاقشة خاصية ملائمة للاجسام البشرية الحقيقية او المفروضة كانت صالحة لاستعمالها وتعود الناس عليها وهي الاقشة المستحسنة عن غيرها في اللبس كما يقوله صنايعية هذا الفن

فاذا كانت الاقشة المذكورة باعة بين المرونة واللين واللفظ امكن نشرها وطياتها عديدة بوجوه متنوعة وتكون قابلة لجميع ما يستحسنه الذوق السليم من ذلك فان الاقشة اللينة الرفيعة اذا لبست وحصل لها ادنى من وضغط تتأثر بذلك وتكون طوع يد الماس او الضاغظ ويصير منظرها في رأى العين مضطربا لا يستقر على حالة واحدة وربما تذكريه الانسان لطائف الحياة وعدم ثباتها وقرارها بخلاف ما اذا لم يجمع الاقشة بين الصفات السابقة فانها تبقى على شدتها وصلابتها وما ذكرناه من تأثير الاقشة اللينة واضطراب منظرها كان يوجد في الاقشة التي كان يستعملها قداما الصناعاتية انموذجا في صناعة الجوخ الطريف الذي كانوا يسترون به بعض اصنامهم ويوجد ايضا في انواع الشاش والكثير الموجود الآن

ولا جل ان يكون ملبوس الانسان تاما على ما ينبغي يلزم ان تكون سطوحه على وجه بحيث يتأق الانسان معها حركة جسمه واهضاته كيف شامع السهولة وهذا يستدعي ان يكون في الثياب نوع اتساع وخفة وان يكون تفصيلها ملائما للاعضاء غيراته لما جرت العادة بان الوفاة والعظمة والمقام مما يتوقف على التأق وبطى الحركة لزم ان تكون ملابس اصحاب هذه الصفات ملائمة لحركاتهم حتى تظهر منافعهم وتعرف وطلاقتهم فعلى هذا يلزم ان تكون برانس البايات وثياب ارباب المشورة وعبات الملوك مفصلة تفصيلا متسعا من اقشنة قليلة اللون ليجدث عنها سطوح منتشرة تطوى طيات عريضة لا تتأثر بالهواء

واما برانس العساكر والثياب الخفيفة التي يلبسها الراقصون في الالاعاب وكذا ما يلبس في محال الرقص فانها تكون بخلاف ذلك بحيث يكون تفصيلها ضيقا على قدر الامكان ثم ان اللبوسات التي تستعمل لجرد الزينة ينبغي ان تتخذ من الاقشنة اللينة الخفيفة التي تضطرب كالامواج لتكون بها الاجسام وحركاتها المتخلقة على غاية من اللطافة والظرافة وتظهر بها الهيئة على حقيقتها

وعلى ذلك ينبغي ان يكون كل من اتخاب الاقشنة وتفصيل الملابس جارية على حسب ما يتعلق بعمليات الفنون المستطرفة من الاعتبارات والملاحظات التي لها ادخل في تنظيم الجمعية وتحسينها بخلاف ما اذا نظرنا لراحة الانسان في اللبس وسعة اللبوس وصحة اللبس فان كلا من الاتخاب والتفصيل المذكورين يكون على حسب ما يتعلق بالجمعية من المصالح الحقيقية واما اذا نظرنا الى الصناعة فان الميكانيكة والهندسة هما اللذان يعرف بهما مقادير الصور وادواتها وكذلك وسائل الصناعة والتفصيل والتزيين الذي هو اتم ملائمة من غيره لان يستخرج بواسطة انحاء السطوح المستوية اصالة واجتماعها الاشكال المتنوعة الظرفية التي تكون في الملابس والجوخ عند امة تقدمت عندها الفنون المستطرفة تقدما كبيرا

ولترجع الى ما كذبده في شأن السطوح المنتشرة ونذكر عمليات جديدة

مهمة كالمعاملات المتقدمة بعد ان نتكلم على قواعد تقاطع السطوح
والمماسات وينبغي ان نتكلم الآن على السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء
فنقول

(بيان السطوح المعوجة اى مضاعفة الانحناء)

السطوح المعوجة هي الحادثة من خطوط مستقيمة متتالية لا ينشأ عنها
اوجه صغيرة مستوية

ولاجل تصور الوجة الصغيرة المعوجة تخيل سلماني شكلي ٩ و ١٠
يكون ضلعاه غير موضوعين على مستوي واحد ثم نضع هذا السلم على الارض
بحيث يكون لضعليه استقامة اقية وان لم يكونا في مستوي واحد منتصب
وبواسطة شكل ٩ يظهر مسقطه المنتصب وبشكل ١٠ يبين

مسقطه الافقي وذلك ان ضلعي اب و ث د (شكل ٩) يتقاطعان
في نقطة واحدة مثل هـ و و فاذا حددنا خطا منتصبا من النقطة

المذكورة فانه يمر كما في (شكل ١٠) بنقطة هـ على ث د
وبنقطة و على اب ولنبدأ الآن من قطبي هـ و و بنسج

مهندى اب و ث د المذكورين الى اجزاء متساوية بنقط ا
و ٢ و ٣ و ٤ الخ و أ و ٢ و ٣ و ٤ الخ ثم نعد خطوط
١١ و ٢٢ و ٣٣ و ٤٤ و ٥٥ الخ فيحدث معنا سلم

معوج

ثم ان اجنحة طواحين الهوام قبيل السلام المركبة من اضلاع مستطيلة
متباعدة عن بعضها ومن اخشاب عمودية على احدها هذه الاضلاع

وكذلك سلم الصواري (المعنى بالواقفكو) فهو من قبيل السلام المعوجة
غير انه يتقص عنها ضلعا واحدا

ويمكن ان يعتبر ان هذه السطوح المعوجة مركبة من اوجه معوجة ضيقة
جدامشاهة للسلم الذي اسلفنا الكلام عليه ويطبق على الاضلاع التي تبين

هذه الأوجه الصغيرة قسم الأضلاع المشتركة

(بيان اجراء العملية في عمارة السفن)

لأجل تطبيق قارين السفن نصنع سطوحاً منتشرة من ألواح أي كتل مستوية كما ينادلك (شكل ٦) ولأجل صناعة بعض أجزاء من السفينة منحنية كالأجزاء التي عند مقدمها ومؤخرها لا يمكن أن نستخرج من الألواح العريضة جدا الأجواب قصيرة جداً إذا كان المطلوب بقاها رسمها الملائم لبعض السطوح المنتشرة على وجه الصفحة والضبط وإذا تأملت صورة الجاناب المبينة في (شكل ١٢) علمت أنه يضع في عمله كثير من الأخشاب حتى يستخرج من الشكل المستطيل رسمه المخفي الرموز إليه بهذه الأرقام وهي ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الخ و ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ الخ فإذا فرضنا الآن أن الخط است و هـ ف غ الخنا خفيفاً ومنظماً (شكل ١١) فنحصل معنا حيث نذ صورة يمكن وضعها بتمامها على جانب يكون أقل في العرض من صورة شكل ١٢ إلا أنه إذا أريد طي جانب متصل كافي (شكل ١١) فإنه لا يلاءم على وجه الضبط المحل الذي عينه على قارين السفينة فينبغي إذن بواسطة طرق ميكانيكية أن نجعل هذا الوضع بحيث يلاءم المحل المذكور وهذه العملية يكاد السطح المنتشر يكون معوجاً دائماً

وفي أجزاء السفينة التي يكون فيها الخنا القارين جسيماً لا يمكن أن نستعمل جوانب مثنية بدون أن تقسب بنفس هذا الخنا

(بيان عمل الأخشاب المنحنية)

إذا أريد صناعة قطعة من الخشب عظيمة الخنا وتطبيقها أسفل محيط ا ب ث (شكل ١٣) على مضلع لسفينة فالتأخذ مسطرة ثابتة على صورة خط مستقيم مثل د هـ ونرسم بواسطة مستويا يبين على مضلع السفينة قط م و ث و هـ الثلاثة التي هي من ا ب ث

ونخذ من تلك النقط المذكورة خطوط $\overline{م ١}$ و $\overline{ه ٢}$ و $\overline{و ٣}$
 الخ المستقيمة اعمدة على $\overline{ه د}$ ثم نقيس طولها وبعد تمام ذلك نأخذ المسطرة
 الثلثية المتحركة ونضع ضلعها الاول على استقامة $\overline{م ١}$ والضلع الثاني
 على امتداد سطح القارين فيصير الضلعان المذكوران في مستو عمودي على
 $\overline{ه د م ٥}$ و نجري هذه العملية ايضا في النقطتين الاخرين وهما $\overline{ه د}$
 و $\overline{م ٥}$ من مئذني $\overline{م ٥}$ الخ فيحدث من اوضاع الضلع الثاني من
 المسطرة الثلثية المتحركة سطح معوج يكون وجهها داخليا الخشبة المطلوب عملها
 ويصنع وجهها الخارجى ايضا بعمل سطح ثان معوج تكون المسافة بينهما وبين
 السطح الاول واحدة من سائر الجهات ليكون شكل الخشبة واحدا واما الوجه
 الضيق الذي ينبغي وضعه على $\overline{ا ب ث}$ فان $\overline{ه د}$ يكون ايضا بواسطة
 المسطرة الثلثية المتحركة فيشاهد ان زاوية حادثة من الضلع الثاني الموضوع
 بالتوازي $\overline{م ٥}$ و $\overline{ه د}$ و على سطح القارين ومن وجه التحام جانب
 $\overline{ا ب ث}$ المفروض من قبل ذلك وبعد تمام هذا العمل لا يبقى علينا الا نقل
 هذه القطع في المحال التي تناسبها

واذا اريد صناعة سفينة فاستأجدنى كما تقدم بعمل قطع مزدوجة من الخشب
 بان نعشقها منى ونضعها على صورة مستويين منتصبين متوازيين كما في
 (شكل ١٤) ثم نلصق هذه القطع المزدوجة في آن واحد بواسطة قطع
 من الخشب متينة تسمى بالزناشير تكون متجهة على امتداد ضلعي القارين
 او حافتيه وتكون النخنيات التي تعقبها مستوية ومرسومة قبل ذلك في محل
 الارابتك او القواب واما اجزاء السفينة التي يكون المنحناها قليلا بالنظر الى
 الطول فانه يكفي ان تصنع من مناشير مستطيلة مربعة الزوايا تريعا مناسبا
 ثم تثنى هذه المناشير بحيث تتلاقى في النقط المعينة على محيط المزدوجات
 المختلفة فاذا كان الجزء الاصغر من القارين الذي فيه وجه الزنار
 الذي يطبق على القارين سطحا منتشرا على شكل منطقة قائمة فان

الاناريسهل ثنيه على هذا القارين عرضا وطولا واذا كان الجزء الاصغر من هذا القارين المغطى بوجه الزار الذي ينبغي أن يكون متعامدا معه سطحاً معوجاً لم يحصل بينهما الاتحاد التام فيجب عزيد الاعتناء وبذل الهمة السكينة في تطبيق الزار مع الدقة على مضلع السفينة تطبيقاً صحيحاً بشرط ان يكون هذا التطبيق بموجب المحيط الذي فرضه المهندس في رسم السفينة ولا يمكن استعمال هذه الطريقة في الاجزاء المنحنية من القارين بل يجبر الانسان على مراجعة الطريقة الآتية

وهي اذا كان ا ب ث (شكل ١٤) جزءاً من مستوى الزار فاستافعين هذا المستوى بضيقين يمر احدهما بالقارين على امتداد ا ب ث والاخر وهو د ه يصير خارج القارين بعيداً مناسباً ثم تقس بالمسطرة المثلثية المتحركة الزاوية الحادة من هذا المستوى وسطح القارين في كل من قط ا و ب و ث على المزدوجات المختلفة

وبعد أن نضع قالب منحنى ا ب ث على قطعة الخشب (شكل ١٥) التي يفصل منها الزار نرسم ا ب ث ونقطع القطعة المذكورة بان نضع أمام كل من قط ا و ب و ث الخ حزوزاً تدخل فيها المسطرة المثلثية المتحركة فتبين الزاوية المرفوعة على السفينة مع الضبط والكمال ثم نجعل الخشب بين الحزوز بحيث يحدث سطح منتشر او معوج ونعين في داخل هذا السطح قط ا و ب و ث المتساوية البعد من ا ب ث ثم نعين كذلك قط ا و ب و ث المتساعدة من ا ب ث بقدر عرض الزار فيحصل بهذه الطريقة اولاً وجه ا ب ث ا المنطبق على المزدوجات ثم نقطع الوجه الاعلا والاسفل بكيفية عمودية على وجه ا ب ث ا ونجعل لهذين الوجهين عرضاً لا يتغير من سائر الجهات ثم نقطع الوجه الرابع عمودياً على الوجه الثاني والثالث ثم ان عمل هذه القطعة

وكذلك كيفية شغل البعدين التي سبق ذكرها يكون على غاية من السهولة
إذا كان اجرائه على منوال نموذج في المدن التي على شاطئ البحر بخلاف
غيرها من المدن التي ليست كذلك فإنه يمكن التسهيل في ذلك عند تعسر
توضيحه

وقد يستعمل في الأعمارات المدنية السطوح المعوجة لأجل قطع اجبار عقد
بعض القباب والاسلام

ومن المعلوم أن درج السلام ينبغي أن تكون مستوية واقعية في الجزء الذي
يستقر عليه قدم الإنسان الصاعد والهابط ويكون محيطها مرسوما بواسطة

ا ب ث ف ه و د ه ف ع ش الخ كما في (شكل ١٦)

الذي يشاهد فيه التعامات **ب ث و ه ف و ع ش الخ**
التي بواسطتها تكون كل درجة مستندة على الدرجة التي تحتها ومستندة

للدرجة التي فوقها وفي السلام المتوازية الدرج تكون التعامات **ب ث**

و ه ف و ع ش الخ موازية لبعضها ومستوية وتكون
صورتها كالأشكال المتوازية الاضلاع

ولكن إذا كان اتجاه السلم مضمنا بحيث يطلق عليه اسم الدوران كانت مسئلة
الدرج من المشكلات التي يصعب حلها حيث يشاهد من مبدء الامر
(شكل ١٧) أن عرض الدرج مختلف في كل نقطة من نقطه وذلك لأنها

تكون ضيقة جدما من جهة **و** التي هي عقدة السلم وتتسع في العرض كلما

برزت وبناء على ذلك يكون اتحدار السلم المقاس بخط **ع ف ث**

(شكل ١٢) الأسفل مستحسنا كلما كان بعيدا عن محور السلم فاذن يدنو

التعام الدرج وهو **ف** العمودى دائما على **ع ف ث** من المنتصب

عندما يقرب من ظاهر السلم ويدنو من الأفق عندما يقرب من عقدة السلم

ثم إن وإلى أعمدة **ه ف** على الضلع الداخل وهو **ه** يتولد عنه رسم

سلم معوج مشابه للسلم الذي في شكل ٩ و ١٠ فاذن يكون
التعام الدرجتين المتواليين وهو $\overline{هـ ف}$ سطحا معوجا فاذا قطعنا جميع
الاجزء المستوية من الدرجة بموجب القواعد الهندسية السهلة لم يبق علينا
الارسم وجه الالتحام وهو $\overline{هـ ف}$

ولاجل ذلك نقسم طول كل درجة الى اجزاء متساوية ثم نمتد من نقط القسمة
التي هي ١ و ٢ و ٣ الخ المعينة على الضلع الداخل وهو $\overline{هـ}$
(شكل ١٧) مستقيما ١ و ١ و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ الخ
العمدة على هذا الضلع ومتصلة بالضلع الداخلي وهو $\overline{و ب}$ بدون
واسطة

وبينين ثمانين (شكل ١٨) ارتفاع درجة $\overline{هـ ب}$ العمودية على
 $\overline{هـ و}$ ومن ثم تكون $\overline{١ هـ}$ و $\overline{٢ هـ}$ و $\overline{٣ هـ}$ الخ دالة على ١ و ١
و ٢ و ٢ و ٣ و ٣ من (شكل ١٧)

واذا مددنا في (شكل ١٨) $\overline{١ هـ}$ و $\overline{٢ هـ}$ و $\overline{٣ هـ}$ الخ العمودية على
 $\overline{١ هـ}$ و $\overline{٢ هـ}$ و $\overline{٣ هـ}$ الخ فان هذه الخطوط ترسم اتجاه وجه التعام الدرجتين اللتين
في $\overline{هـ و}$ بالنظر للنقط المتقابلة وهي ١ و ٢ و ٣ الخ فيكني اذن أن
نرسم بواسطة المسطرة المثلثية التحركة زوايا $\overline{١ هـ}$ و $\overline{٢ هـ}$ و $\overline{٣ هـ}$ كي
يوجد في كل من نقط ١ و ٢ و ٣ انحناء وجه التعام $\overline{هـ ف}$
(شكل ١٦) من الدرج المتجاور

وتصير هذه العمليات واضحة وضوحا تاما اذا بينا المعلون بموجب ارانيك من
الخشب ادا الجص

ثمان السلام المعبرة كالسطح المتصل ولومن جهة سطحها الاسفل تكون من
قبيل السطوح الخازنية التي لها منفعة عظيمة في الفنون (راجع الدرس
الثاني عشر)

* (الدرس الحادي عشر) *

(في بيان سطوح الدوران)

حيث فرغنا من الكلام على السطوح المستوية وجب أن نشرع في ذكر
سطوح الدوران فنقول انها سهلة التركيب وتستعمل كثيرا في القنون
وخواصها تستعمل دائما في علم الميكانيكة وتحدثها الظواهر الطبيعية نصب
اعيننا على الدوام

فاذا فرضنا خطا منحنيا مثل ا ب ث (شكل ١) وادرناه حول
محور ا ث فان السطح المتولد منه يسمى سطح الدوران ويطلق على
الحركة التي تؤثر في الخط المنحني اسم الحركة المستديرة او حركة الدوران وبالجملة
حتى كانت تلك الحركة تامة بان كان مقدارها ٣٦٠ درجة فانها تسمى
دورا

ثم ان كلامنا من قسط ب و ب و ب الخ يرسم في هذه الحركة دائرة
وتكون جميع مستويات هذه الدوائر هي ب - و ب و ب - و ب
الخ متوازية وعمودية على محور ا ث الذي عليه مراكزها وهي
و و و و و الخ وقد تقدم لنا ذكر هذه الخواص المختلفة في الدرس
السادس

وليس يلزم ان يكون منحنى ا ب ب ب ث مستويا حتى يحدث عنه
سطح دوران عند ادارته حول ا ث وذلك انه اذا مدت من جميع قسط الخط
المنحني وهي ب و ب و ب الخ عمود ب و و ب و
و ب و على محور ا ث فان طول هذه الاعمدة وبعدها لا يختلفان
اذا كان مداها في مستوا واحد ويحدث عن نهاياتها وهي ب و ب
و ب الخ منحنى مستوي يرسم عند ادارته حول المحور سطح دوران من
جنس ذلك المنحنى

وهذا المنحنى المستوى الذى يحدث بإدارته حول محور $\overline{أ ب}$ سطح الدوران يسمى دائرة نصفها هذا السطح ومن هنا سميت دائرة $\overline{ب ب'}$ وبعضها دوائر متوازية أو متوازيات فقط

وبقدر ما يمكن رسمه من الأشكال المتنوعة بواسطة خطوط مستقيمة أو دوائر أو منحنيات أخرى أو اجتماع هذه الخطوط يمكن أن نصنع عدداً جناًس مختلفة من سطوح الدوران يظهر منها أنواع متميزة تميزاً تاماً على حسب وضع المحور بالنسبة لخط التولد

ولنبدأ على التوالي سطوح الدوران السهلة المهمة في الصناعة فنقول

* (بيان سطوح الدوران المتولدة) *

* (من حركة خط مستقيم) *

إذا كان خط التولد عموداً على المحور فإنه يرسم عند إدارته حول المحور المذكور مستويًا وقد ينشأ في الدرس السادس الطرق المتنوعة التي تحدثها هذه الخاصية في القانون لأجل صناعة سطوح مستوية

وإذا كان خط التولد المذكور موازياً للمحور $\overline{و و'}$ (شكل ٢) فإنه يرسم أسطوانة مستديرة وهي التي سبق ذكرها وخصيتها وتطبيقها على الصناعة في الدرس الثامن

وإذا كان الخط المذكور ماراً بنقطة من محور $\overline{و و'}$ (شكل ٣) وما تلا بالنسبة لهذا المحور فإنه يرسم مخروطاً مستديراً قد ذكرنا خاصته وتطبيقه على الصناعة في الدرس التاسع

وإذا لم يكن ذلك الخط موازياً للمحور وكان بالنسبة لهذا المحور كضلع من سلم معوج موضوع جهة الضلع الآخر فإن الخط المذكور يرسم سطح دوران (شكل ٤) يكون انحناءه مختلفاً في الاتجاه

وإذا لم ير خط $\overline{أ ب}$ المستقيم بمحور $\overline{و و'}$ أمكن أن نقرض خطاً ثانياً مثل $\overline{أ -}$ موضوعاً بالتوازي لمستوى $\overline{و و'}$ المار بهذا المحور ويتقاطع

المستقيمان بالضرورة في نقطة $\overline{ح}$ الموضوع على مستوى التماثل وإذا
 ادراهما مستقيمي $\overline{أب}$ و $\overline{أر}$ بمركبة متساوية حول المحور ليقربا
 أو يبعدا مع التساوي عن مستوى $\overline{وو}$ فإن ذلك المستوى يكون دائماً
 مستوى تماثلهما ويتقاطعان دائماً في نقطة واحدة موضوعة على المستوى
 المذكور وندير حول المحور مستوى التماثل ونخطي $\overline{أب}$ و $\overline{أر}$
 المستقيمين فإذا كان الخطان المستقيمان منتظمين بحيث يتقاطعان دائماً على
 مستوى $\overline{وو}$ فإنه يحدث عن تقاطعهما خط منحن وهو دائرة نصف
 نهار سطح الدوران المتولد من مستقيمي $\overline{أب}$ و $\overline{أر}$ ويتولد أيضاً
 من الخطين المستقيمين المذكورين عند ادراتهما حول $\overline{دو}$ السطح
 المذكور وشكل ϵ يبين حالتي المستقيمين اللذين يحدث عنهما هذا
 السطح ويعرف التلامذة هاتين الحالتين حق المعرفة إذا بين لهم المعلوم ذلك
 على أن يتركب دائرتين من المقوى متصلتين بمحور ومجسوط متساوية الميل في
 جهتين متقابلتين

(بيان المقرض)

قد صنع المعلم قرى وهو من قداماء المهندسين مقرضاً عظيماً فصلتان
 مستقيمتان أحدهما ثابتة وهي $\overline{أب}$ (شكل ϵ) والآخرى وهي $\overline{أر}$
 دائرة حول محور $\overline{وو}$ وهي دائماً مماسة في دورانها للدائرة وتقطع ما بينهما
 من الاجسام

(بيان محلات الغزل)

هذه المحلات منها ما هو مصنوع من قضيبين مثل $\overline{أب}$ و $\overline{أر}$ دائرتين
 حول محور $\overline{وو}$ وهذه المحلة إذا قلب الغزل على وسطها لا يمكن سقوطه عنها
 وإذا اردنا أن نخلع عنها مقدار ذراع من الغزل الملقوف على وسطها فإنا نقرب
 القضيبين من المحور بطريقة ميكانيكية مهلة

(بيان الكرة)

يكنى لعمل هذا السطح تدوير دائرة $\overline{أم ب ن}$ (شكل ٥) حول
 قطر من أقطارها مثل $\overline{أ ب}$ وحيث ان جميع تقط محيط دائرة نصف
 النهار التي هي $\overline{أم ب ن}$ منساوية البعد من مركز $\overline{و}$ فكذلك
 تكون على بعد واحد من هذا النقطة التي هي المركز اذا ادرانا تلك الدائرة حول
 محور $\overline{أ و ب}$ فاذن تكون جميع تقط سطح الكرة على بعد واحد من مركز
 $\overline{و}$ الذي هو مركز الكرة المذكورة

وكل نقطة موضوعة في مستوى دائرة نصف النهار هي $\overline{أم ب ن}$
 سواء كانت في خارجها او داخلها تكون بالنسبة لمركز $\overline{و}$ اقرب او بعد من
 تقط محيط $\overline{أم ب ن}$ فاذن تكون كل نقطة من الفراغ الموجود في
 مستوى دائرة نصف النهار بعيدة عن مركز الكرة اذا كانت في خارج الدائرة
 وقريبة منه اذا كانت في داخلها

وحيثئذ تكون جميع تقط سطح الكرة على بعد واحد من المركز او اما عداها من
 النقط فلا يكون على هذا البعد منه

واعلم ان كل مستو مار بمركز الكرة يقطعها في خط منحن تكون جميع قطعه
 على بعد واحد من المركز المذکور بمقدار يساوي نصف قطر الكرة ويكون هذا
 المنحنى دائرة فاذا ادرانا هذه الدوائر المختلفة على كل واحد من اقطارها
 حدثت اكر متحدة المركز ونصف القطر فاذن تكون كلها بمتلة كرة واحدة

وكل وتر مثل $\overline{م د}$ من دائرة $\overline{أم ب ن}$ (شكل ٥) يكون
 اصغر من قطر $\overline{م ن}$ ويزداد صغره كلما بعد عن مركز الكرة لكن اذا دارت
 الدوائر حول محور $\overline{أ و ب}$ العمودي على وتر $\overline{م د}$ فان نصف وتر $\overline{وم}$
 يرسم مستويا وترسم نهايته محيطا يكون موضوعا بتمامه على الكرة المذكورة
 فاذن ينتج اولان كل قطع مثل $\overline{م د}$ حادث عن مستوى الكرة يكون دائرة
 وثانيا ان الدوائر المرسومة على الكرة تكون اصغر من الدوائر التي يكون

مركزها في مركز الكرة ومن هنا سميت الدوائر الكبرى او العظمى من الكرة
ونالنا ان الدوائر الصغرى تصغر بقدر بعد مركزها عن مركز الكرة

(بيان الطرق المستعملة في رسم الكرة)

يمكن ان نعين (شكل ٩) على محور المخروطة الذي هو AB الجسم
المطلوب نرسمه على صورة كرة ثم نعين على اى بعد من هذا المحور نصف دائرة

AP التي قطرها AB وموازله فاذا اخذنا آلة قاطعة

تبرز قدر PM المساوي لـ AB من البعد ووجهها

بالتوازي على امتداد AP فان شئنا الذي هو M يرسم دائرة نصف

النهار التي هي AMB فاذن اذا وجهنا المخروطة فان هذه الدائرة
ترسم كرة

ويمكن ايضا ان نضع هذه الآلة القاطعة بحيث يتزحلق ساقها وهو P على طول

دائرة AP التي مركزها هو عين مركز دائرة نصف النهار وتكون متجهة

دائما نحو O التي هي مركز دائرة AMB و AP فمن الواضح اذن

ان كلامنا PM و PM يدل على تفاضل انصاف اقطار الدائرتين

المذكورتين حين يقطع P دائرة AP وينبغي ان يكون دائما M

مستقرا على دائرة نصف النهار وبذلك يمكن من الآلة على سطح الكرة مع

الثبات

ويمكن صناعة اكرب واسطة الصب وبذلك تصنع كل المدفع التي هي اكر ممتلئة

ولاجل صناعة الجب والابوس التي هي اكر محقوفة ينبغي صناعة قالب تكون

صورة اجزائه مخططة (شكل ٨) ودالة على كرتين احدهما ممتلئة مثل A

والاخرى محقوفة وهي BBB وبين هاتين الكرتين نصب الجب

والابوس فيرى من ذلك ان همة العملية منوطة بصورتين احدهما ينبغي

ان يكون بلزى A و BBB شكل كروي تام الثانية ينبغي

م هـ ثـ يكون مشابهاً للمثلث القائم الزاوية الذي هو $\overline{و ع}$ الحادث
عن $\overline{و ع}$ العمودي على وتر $\overline{م هـ}$ وعن $\overline{ع هـ}$ العمودي على محور
أو ثم على $\overline{هـ ثـ}$ وعن $\overline{و ع}$ العمودي على $\overline{م ثـ}$

فأذن يكون المثلثان متشابهين وينتج معنا هذا التناسب وهو $\overline{هـ ثـ}$
: $\overline{م هـ} :: \overline{ع هـ} : \overline{ع و} ::$ المحيط الذي نصف قطره $\overline{ع هـ}$ أو الذي
قطره $\overline{ع و}$ إلى المحيط الذي نصف قطره $\overline{ع و}$ أو الذي قطره $\overline{أ ب}$
وذلك إذا فرضنا أن عدد اضلاع المضلع كثيرة بحيث لا يوجد تفاضل ظاهراً
بين $\overline{و ع}$ و $\overline{و م} = \overline{و أ}$ الذي هو نصف قطر الكرة فينتج إذن أن
 $\overline{م هـ} \times$ محيط $\overline{ع و} = \overline{هـ ثـ} \times$ محيط $\overline{أ ب}$ ولكن $\overline{ع و}$
 $= \frac{1}{2} (\overline{م م} + \overline{هـ هـ})$ فأذن ينتج أن $\overline{م هـ} \times \frac{1}{2} (\text{محيط } \overline{م م} +$
 $\text{محيط } \overline{هـ هـ}) = \overline{هـ ثـ} \times$ محيط $\overline{أ ب}$

والحد الأول من تلك المساواة هو سطح المخروط الناقص الذي هو $\overline{م م هـ هـ}$
والحد الثاني هو محيط دائرة نصف التمام مضروباً في $\overline{هـ ثـ}$ الذي هو
ارتفاع المخروط الناقص

فأذن متى كان كثير الاضلاع الذي هو $\overline{م هـ ع}$ الخ متكوفاً من عدة اضلاع
صغيرة جداً فإن السطح المتولد منه يكون مساوياً لمحيط دائرة خط نصف
الكرة مضروباً في مجموع ارتفاعات $\overline{هـ ثـ}$ و $\overline{ع هـ}$ الخ من المخاريط
الناقصة المتولدة من دوران اضلاع المضلع فأذن ينتج

أولاً أن سطح الطيلسان الكروي وهو $\overline{م أ م}$ يكون مساوياً لمحيط الدائرة
الكبرى مضروباً في سم الطيلسان وهو $\overline{أ و}$

ثانياً أن سطح الكرة يكون مساوياً لمحيط دائرتها الكبرى مضروباً في قطر
هذه الدائرة

لكن حيث كان سطح دائرة $\overline{أ م ب م}$ الكبرى يساوي المحيط مضروباً
في نصف القطر أي ربعه كان سطح الكرة مساوياً لسطح الدائرة
الكبرى أو دائرة نصف التمام أربع مرات وإذا علم أنه لأجل تغطية دائرة

أ م ب م أ من جميع جهاتها (شكل ٩) يلزم مقدارها أو سطح من
الرسم أو من صفائح النحاس أو الحديد أو الرصاص أو غيره ذلك ويستتبع منه أنه يلزم
مقدار يساوي أربعة أمثال المقدار المذكور من ادوات الرسم أو من
الصفائح المعدنية لتغطية الكرة بتمامها التي دائرة نصف نهارها هي الدائرة
المتقدمة وكذلك يغطي نصف الكرة التي قاعدتها الدائرة المتقدمة بمقدار على
النصف من المقدار السابق

* (بيان مساحة حجم الكرة وقطوعها) *

إذا اعتبرنا أن سطح الكرة مركب من أوجه صغيرة جدا كثيرة العدد يمكن أن
نعتبر أن كلًا من هذه الأوجه مستوي يكون قاعدة لهرم رأسه في مركز الكرة
فيكون مجموع هذه الأهرام هو عين حجم الكرة وحيث أن حجم كل هرم يساوي
سطح قاعدته مضروباً في ثلث ارتفاعه الذي هو هنا ثلث نصف القطر فإن حجم
الكرة التام يكون مساوياً لمجموع الأوجه الصغيرة التي جعلت عوضاً
عن سطحها مضروباً في ثلث نصف القطر وعلى ذلك يكون قياس حجم الكرة
مساوياً لسطحها مضروباً في ثلث نصف قطرها أو يساوي أربع مرات سطح
دائرتها الكبرى مضروباً في ثلث نصف القطر

وسياً أن حجم قطاع الكرة وهو $أ م و$ (شكل ٩) يكون مساوياً
لحاصل ضرب سطح $أ م م$ في ثلث نصف قطر الكرة فإذا علمنا
من هذا الحاصل حجم مخروط $م و م$ نحصل معنا حجم القطعة الكروية
وهي $أ م م = \frac{1}{3} \times محيط أ م ب م \times أ و - \frac{1}{6} \times محيط$
 $أ م م \times و و \times م و$

ثم إن الطريقة التي نستخرج بواسطتها الكرة تفيدنا في شأن هذا السطح طريقة
تركيب تستعمل بكثرة في القنون فإذا لزم تغطية قبة كروية بصفائح مستوية
من المعادن أو من أي مادة كانت تقسم تلك القبة بعدة مستويات متوازية
إلى مناطق أو قطع مستديرة مثل $م م و و و و و و و و$ الخ
(شكل ٩) وقرصاتها مخروطية فتكون قابلة للتشاورها هي الطريقة

التي يرسم بواسطتها المخروط الناقص الذي هو $\overline{م م} \overline{د د}$ المنتشر
وهي أن $\overline{م م} \overline{د د}$ و $\overline{م م} \overline{د د}$ (شكل ٩) حتى يتلاقيا في نقطة $\overline{ض}$ التي
هي رأس المخروط الذي مخروط $\overline{م م} \overline{د د}$ جزئ منه فإذا نشرنا هذا المخروط
لجميع قط كل قاعدة مثل $\overline{م م} \overline{د د}$ التي هي على بعد واحد من
رأس $\overline{ض}$ (شكل ٩) تنتشر على حسب قوسى الدائرة وهما $\overline{م م}$
و $\overline{ن ن}$ (شكل ٩ مكرر) اللذان مركزهما واحد وهي
نقطة $\overline{ض}$

وينتج (شكل ٩ و ٩ مكرر) أن محيط $\overline{م م} \overline{د د}$ = قوس $\overline{م م} \overline{ك م}$
و محيط $\overline{د د} \overline{د د}$ = قوس $\overline{ن ن} \overline{ل ن}$ وإذا كان المطلوب معرفة مقدار
زاوية $\overline{م م} \overline{ض م}$ نقول أن قوس $\overline{م م} \overline{ك م}$ يساوى المحيط الذي
نصف قطره $\overline{م م}$ و غير أن نسبة المحيط الى المحيط الذي نصف قطره $\overline{ض م}$
:: $\overline{م م} \overline{د د}$: $\overline{ض م}$ فاذن يكون المحيط الذي نصف قطره $\overline{م م}$

= $\overline{م م} \overline{ك م}$ = المحيط الذي نصف قطره $\overline{ض م}$ $\times \frac{\overline{م م} \overline{د د}}{\overline{ض م}}$

فحينئذ قوس $\overline{م م} \overline{ك م}$ هو كناية عن $\overline{ض م} \overline{د د} \times ٣٦٠^\circ$ من
المحيط الذي نصف قطره $\overline{ض م}$ وتكنى علينا الضرب والقسمة في تحصيل
عدد درجات زاوية $\overline{م م} \overline{ض م}$ وبذلك تحصل هي نفسها متى عرقلنا هذا

العدد فالتاثر مع $\overline{ض م}$ = $\overline{ض م}$ و $\overline{ض ن}$ = $\overline{ض د}$
التي هي انصاف اقطار قوسى $\overline{م م} \overline{ك م}$ و $\overline{ن ن} \overline{ل ن}$ (شكل ٩
مكرر) فيتوصل حينئذ منطقة $\overline{م م} \overline{ك م} \overline{ن ن} \overline{ل ن}$ التي عند
٩ ثنائها الطبيعي الحاصل باتصال طرفى $\overline{م م}$ و $\overline{ن ن}$ يحدث المخروط

الناقص الذي هو $\overline{m m \infty}$ (شكل ٩)

وقد يصنع السكرى اوصانع القوى بواسطة صفائح من المعدن او من القوى
مجزأة الى مناطق مستديرة ملتصقة او ملصوقة بالغراسطوحا تكون مغايرة
للكرة على حسب ضيق مناطق تلك الكرة وكثرتها ويتفهم ما في ذلك الطريقة
السابقة غاية النفع ويستعملها في الغالب البناؤون والتجارون
وبعد أن ينسأ طريقة صناعة السطح الكروى بخاريط لزم ان ينين طريقة
صناعته باسطوانات فنقول

لنفرض اننا نمر من محور الكرة الذي هو \overline{aob} بعدة دوائر مستوية من
دوائر انصاف النهار (شكل ١٠) بحيث تقسم الفراغ الموجود حول
هذا المحور الى زوايا مستوية صغيرة جدا وتصور زيادة على ذلك بجملة
مستويات عمودية على محور الكرة فتكون موازية لبعضها فتقطع اولا
الكرة الى دوائر متوازية وثانئا تقطع دوائر انصاف النهار الى عدة نقاط
تكون على بعد واحد من بعضها فوق هذه الدوائر فتكون تلك النقاط رؤسا
للاشكال المضطعة المنتظمة المتشابهة التي اضلاعها المتقابلة متوازية فجميع
الاضلاع المتوازية المتعددة الاتجاه يحدث عنها اسطوانة تمر اضلاعها دفعة
واحدة بدوائر نصف النهار المتواليين فينتج من ذلك عدة مناطق اسطوانية
متشابهة من حيث سطحها لشقق قارونة مضطعة وكلما كثرت اضلاع المناطق
المذكورة قرب السطح الحادث عنها من سطح الكرة

(بيان اجراء العملية)

قد يجمع على هذا النوال بواسطة شقق اسطوانية لاجل صناعة اكر او قطع كرة
الحريز المصنع والجلد والقوى والحريز الخالص والورق والقز وما يشبه ذلك
مما يستعمل في صناعة القباب الهوائية والمناات الصغيرة المثلثة بالهواء
والاكر التي يلعب بها والاكر الارضية والسماوية المعدة لتعلم على الجغرافية
والهيئة ومظلة المطر والشمس ووقاية النظر التي على هيئة نصف الكرة
المستعملة لمنع ضرر ضوء المساريج وقد يكون اتجاه خطوط نصف النهار

في مظللات الشمس والمطروفي وقاية العين معيناً بواسطة سألوه من الحديد
وانظر هنا صورة الشكل الآتي الذي يلزم ان يكون للشقق الاسطوانية التي
يحدث عن مجموعها سطح تكون الصاماته او محيطه دوائر انصاف نهارة
واحدة

وتكون فيه عروض $\overline{م م} = \overline{م م}$ و $\overline{و و} = \overline{و و}$ الخ
(شكل ١٠) من احدى تلك الشقق مناسبة لنصفي القطر اللذين هما
 $\overline{و م}$ و $\overline{و ن}$ من الدائرتين المتوازيين وذلك لان مثلثي $\overline{و م م}$ و $\overline{و ن ن}$
متشابهان فعلى هذا انا كان $\overline{و م}$ و $\overline{و ن}$ هما نصفا
قطري الدائرتين المتوازيين المطابقتين لخطي $\overline{م م}$ و $\overline{و و}$ فحصل
معنا هذا التناسب وهو $\overline{و م} : \overline{و ن} :: \overline{م م} : \overline{ن ن} :: \overline{م م} : \overline{و و}$
فاذن نعرف بغاية السهولة العروض التي تطابق النقط من كل شقة
وبذلك نعرف شكل هذه الشقق

* (بيان اجراء العملية في علمي الجغرافيا والهيئة) *

اعلم ان خواص الكرة تستعمل في هذين العلمين استعمالاً مفيداً
فقد يكون شكل الارض في الظاهر على صورة سطح دوران لا يغير الكرة
الا قليلاً

وقد مكث الناس قروناً عديدة حتى عرفوا ان الارض مستديرة من جميع
جهاتها وسميت كرة لان شكلها كروي ولم يعرف علماء الهيئة ان الارض مسطحة
من جهة وبارزة من جهة اخرى عمودية الا بمعرفة خواص الهندسة
والميكانيكة التي ظهرت في آن واحد

وحيث رأى الجغرافيون ان سطح الارض كروي قسموا السطح المذكور
بهذه الكيفية

وهي انهم اطلقوا اسم المحور على الخط المستقيم الذي يترأى لهم ان السماء
تدور حوله دوراتاً تاماً في ظرف اربع وعشرين ساعة واطلقوا اسم قطبي
الارض على النقطتين اللتين يمر بهما المحور المذكور من سطح الارض وسموا

يسطوح دوائر انصاف النهار كل ما امر منها بهذين القطعين وجعلوا دوائر
انصاف النهار الخطوط التي ترسمها هذه السطوح على سطح الارض وجعلوا
المتوازيات جميع الدوائر المرسومة على سطح الارض المذكورة بواسطة
مستويات متوازية وعمودية على الارض

فاذا اعتبرنا ان الارض سطح دوران كان كل متوازيين على بعد واحد من
بعضها مواكبات دوائر انصاف النهار هي التي تقاس بها المسافة الفاصلة
للمتوازيات على السطح المذكور

وكل متوازي يمر سطحه بمركز الارض فهو اكبر المتوازيات ويسمى بخط
الاستواء لانه يقسم الكرة الى جزئين متساويين يسمى كل منهما بنصف
الكرة

ونصف الكرة الشمالي هو الذي يكون فيه القطب الشمالي وعليه تكون بلاد
فرانسا موضوعة في نصف الكرة الشمالي ونصف الكرة الاخرى يسمى جنوبيا
تسمية له باسم القطب المشتمل هو عليه

فاذا فرضنا ان هناك ٣٦٠ من مستويات دوائر انصاف النهار متساوية البعد
فانها تكون مشتملة على زوايا قدر كل زاوية درجة واحدة وتقسم المتوازيات
وخط الاستواء معا الى ٣٦٠ جزءا متساوية اعني الى ٣٦٠ وهي
درجات الطول فاذا قسمنا المسافة المحصرة بين اثنتين من دوائر انصاف النهار
المذكورة التي هي ٣٦٠ الى ٦٠ جزءا متساوية بمستويات دوائر
انصاف نهار اخرى فان هذه المستويات تقسم درجات الطول الى ٦٠
جزءا متساوية وكذلك الى دقائق وغير ذلك

فاذا كانت المتوازيات متساوية البعد وكان عددها ١٨٠ فانها تقسم
دوائر انصاف النهار الى ٣٦٠ جزءا متساوية وهي درجات العرض وقد
يقسم بعض المتوازيات المتوسطة تقسيما ثانويا تلك الدرجات الى دقائق وثوان
وثوانا وهم حرا

(بيان قسمة سطح الارض الى درجات كروية ليتيسر بها الخطيط الا ما كن)

كأن سطح المستوى ينقسم الى مربعات بواسطة خطوط متوازية وعمودية
 ليتبين بها وضع الاشكال المرسومة على هذا المستوى كذلك ينقسم سطح
 الكرة الى مربعات كروية بواسطة دوائر متوازية وعمودية ليستبين بها مع
 الضبط والصحة على هذا السطح وضع سائر الاماكن والخطوط الشهيرة
 كوضع المدن ومجاري الانهار وانجاء سلاسل الجبال ومحيط شواطئ البحر
 ونحو ذلك

فانه متى عيّن في نصف الكرة ما يكون عليه وضع المكان من المتوازيات
 او دوائر انصاف النهار كان وضع ذلك المكان معينا تعينا تاما وطريق ذلك
 ان نعد المتوازيات بواسطة درجات العرض على هذا الوجه وهوان بتدئ من
 0° و 1° و 2° و 3° الى 90° ويكون ذلك من خط الاستواء الى
 القطب الشمالي من الجهة الاولى والى القطب الجنوبي من الجهة الثانية ونعد
 ايضا دوائر انصاف النهار بهذه الكيفية بان بتدئ في العدم 0° و 1°
 و 2° و 3° الى 180° من درجات الطول ويكون ذلك من دائرة نصف
 النهار التي تمر برصد خانه باريس مع تعيين درجات المشرق ودرجات
 المغرب فاذا وصل الانسان الى 180° من درجات الطول كان على دائرة
 نصف نهار باريس

ومتى عرفنا هذه الكيفية وضع اي نقطة من الكرة على احد نصفي الكرة
 كفي في الوقوف على وضعها الحقيقي الذي لا يلتبس بوضع آخر ان تعرف عدد
 الدرجات الذي يدل على طولها والذي يدل على عرضها
 واضع علمية في الجغرافيا والهيئة والملاحة هي التي عرف بها وضع المدن
 الشهيرة والجهات العظيمة من الكرة بواسطة عدد الدرجات وصورها
 في الطول والعرض الدالين على وضعها وبالجملة فهذه الطريقة نستعمل
 كما رأيت في تعيين وضع اي نقطة على الكرة بواسطة عددين وهي اقرب شيها
 بالطريقة التي نستعمل في تعيين وضع اي نقطة على مستوي بواسطة
 عددين

وقد تستعمل إحدى الطريقتين في رسم سطح الأرض الكروي على خاوية
مستوية ذات مربعات متكونة من خطوط مستقيمة
وقد يرسم بعض الخطوط المستقيمة المتوازية المتساوية البعد التي هي أ و آ
و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩ الخ (شكل ٢ لوحة ٥)
ودوائر نصف النهار المنفردة على هيئة مستقيم قوس حينئذ الخطوط
المستقيمة المتوازية التي هي ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩ الخ
الدوائر المتوازية المنفردة الممتدة لأن خط ١ و ٢ = ٣ و ٤
= ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩ و ١٠ الخ و هكذا مع أن المتوازيات تصغر كلما بعدت عن خط
الاستواء

ولنفرض الآن أن تقاسم ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩ الخ
بمتد بالنسب إلى المتوازيات المقابلة لها وهي ١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ و ٧ و ٨ و ٩
و ١٠ الخ فإذا فرضنا أن المربعات صغيرة جدا يمكن أن نعتبر أن كل
واحدة من المربعات التي رسمت على الكرة مربع مستو طوله وعرضه مناسبان
للطول والعرض من المربع الممتد بالنسب إلى الجهتين على الخاوية
المستوية

حينئذ تكون جميع الأشكال المرسومة على الكرة في الخاوية المختصرة منقولة
على أجزاء متشابهة مستوية وعليه فتكون الأجزاء الصغيرة التي تتركب
منها الأجزاء المتشابهة متشابهة ويحدث عن خطوطها مع بعضها جله زوايا
كما تحدثها مع المتوازيات ودوائر نصف النهار وغير ذلك ومن هذا القبيل
ما يسمى بالخاينات البحرية

(بيان اجراء العملية في اتجاه الطرق)

(في علم الملاحة)

إذا أراد الإنسان في سياحته أن يسلك طريقا واحدة يتولد عنها مع دائرة
نصف النهار زاوية واحدة فإن تلك الطريق ترسم على الخاوية الكروية بواسطة
خط مستقيم ممتد من النقطة التي يبتدئ منها السباح إلى النقطة التي ينتهي إليها

وبهذا الخط تعرف زاوية الطريق التي سلكها الملاح في انتقاله من محل الى آخر
سواء كان سيره في بحر كروي الشكل او سطحه ذو تعرجات وانعطافات
واذا فرضنا ان الارض كروية الشكل فانما اراد الجغرافيون بذلك انها مع عدم
نساوي اجزائها المختلفة التي تظهر من سطحها تغاير قليلا صورة سطح الكرة
بالنظر لعظم جرمها وان كان في الواقع وتقس الامور ارتفاع الجبال الشاهقة
لا يساوي جزأ من القم من قطر الكرة القريبة جدا من شكل الارض وعظم
جرمها

وقد تكون خشونة قشر النارية مثلا بارزة بالنسبة لجمها اكثر من الجبال
الشاهقة بالنسبة لجم الارض

ولاجل قياس ما بين تلك الاجزاء من الاختلاف مع غاية الضبط ففرض انه
من نقطة معينة من شاطئ بحر او بحيرة مثلا نرسم سطح كرة يكون مركزه عين
مركز الارض ونعين عليه دوائر انصاف النهار والمتوازيات المقابلة لدوائر
انصاف النهار الارضية

ولاجل تحديد وضع اى نقطة من الكرة يلزم تعيين ارتفاع النقطة المذكورة
من اعلا سطح الكرة المتقدمة ثم نعين عددا درجات الطول والعرض اللذين
يعرف بهما المتوازي ودائرة نصف النهار الماران بالعمود الممتد من النقطة
المقصودة الى سطح الكرة

وسنبين عند الكلام على معادلة السوائل كيفية قياس ارتفاعات النقاط
المختلفة من الكرة ونقلها الى سطح الكرة المجهولة حد التشبيه بواسطة الآلة
المسماة بالبارومتر ومثل هذه الآلية ليس مما يرغب فيه الانسان كمال
الرغبة وانما يستعملها المهندس الذي يريد رسم خلبان او طرق ليعرف بها
ارتفاعات الانخفاض والارتفاع اللذين يلزمه جوبهما عند ارادته الذهاب
من محل الى آخر وتعمل ايضا في قسمة الكرة الى اقطار تكون ارتفاعاتها
دالة على الاقطار الحارة وعلى كثير من الخواص الطبيعية

وزيادة على ما بين الاجزاء الارضية من الاختلاف الكثير الذي يتولد منه

تصريحات قليلة الامتداد او كثيره وظاهرة قليلا او كسيرا على سطح الكرة
الظاهر ترى في صورة الارض تغيرا واختلافا عاما في جميع اجزائها بعدد
من شكل الكرة فتراه مسطحة من جهة قطبيها ومنتهجة من جهة خط
الاستواء فاذا نكث الانسان على سطح الكرة وكان في القطب فانه يكون
قريبا من مركز الارض اكثر مما اذا كان في الاقطار المتوسطة ومن باب اولى
اذا كان في خط الاستواء

ثم ان معرفة تسطح الارض مهمة جدا في الصناعة لما ان تسطحها يجعل
درجات العرض طويلة من جهة القطب وقصيرة من جهة خط الاستواء
وله تأثير عظيم في قوة الثقل التي تقاد اليها جميع الاجسام وهذه القوة في جهة
القطب اعظم منها في جهة خط الاستواء ومن هنا البندول المنقول من القطب
الى خط الاستواء فانك ترى حركته تبطئ شيئا فشيئا واذ لم يكن هناك مانع
ترى عمود الهواء الواقع على القطب اتحل من العمود الذي يقع على خط
الاستواء وينتج من ذلك تنوعات في حركة الآلات المائية والآلات البخارية
وغيرها

وسأني لك عند الكلام على الآلات والقوى المحركة في المجلد الثاني والثالث
بيان القاعدة التي بمقتضاها يتغير ثقل الاجسام وثقل الكرة الهوائية وسرعة
البندول في الاماكن المختلفة من الارض وبيان ما ينتج عن ذلك من النتائج
المستعملة في عدة فنون

(بيان الكرة السماوية)

تستعمل الكرة المنقطة بواسطة المتوازيات ودوائر انصاف النهار الى
مربعات ليعرف بها وضع الكواكب في السماء كما يعرف بها ذلك على الارض
فتفرض اولان السماء كرة محورها ومركزها عين محور الارض ومركزها وناتيا
ان جميع الكواكب تكون موضوعة على سطح الكرة المذكورة
وحيث ان معظم الكواكب وهي النجوم على بعد واحد من بعضها في الكرة
السماوية كان وضعها الاصلي لا يتغير

فإذا كان هذا النجم موضوع مع غاية الضبط على اتجاه المحور بمعنى أنه قريب جداً من القطب كان بمفرده ثابتاً إذا تحركت النجوم الأخرى فلذا يسمى بالنجم القطبي لقربه منه ثم تراه يرسم دائرة صغيرة جداً وقد يتغير وضع جميع الكواكب بالنسبة اليها فلذا كان الفلكيون يقيسون عدد درجات الطول والعرض التي تدل على الوضع المذهب في اليوم بتمامه وفي ساعات معلومة منه فإذا عينو في السماء عدة نقط منفردة عن بعضها تدل دلالة تامة على الطريق الذي يقطعه الكوكب فانهم يرون من هذه النقط بخط مخفى مستمر وهو الطريق الذي يسير فيه الكوكب بتحركه الظاهري على سطح الكرة السماوية

وبعرفة هذه المنحنيات المرسومة بحركة الكواكب علم النجمون انها مسطحة وقابلة لان تكون مرسومة على مخروط قائم مستديراً و سطح دوران مخروطي وهو القطوع المخروطية فالكواكب السيارة ترسم في ميرها قطعاً ناقصة ويتراى ان ذوات الذنب ترسم قطعاً مكافئة وان الشمس تشغل نقطة احتراق هذه الخطوط المنحنية (راجع الدرر الثالث عشر)

ولهذه العمليات الهندسية مدخل عظيم في سير الكواكب فبدونها لا يمكن ايجاد خاصية اتجاهات العظيمة التي تبين قوى الكواكب السيارة وحركاتها وتجعل لهم الفلك عند المتأخرين علوشان ومزيد اعتباراً كثيراً كما كان عليه عند المتقدمين

ولذا كانت الهندسة لا تتغير في تطبيقها على الصناعات من ادنى نحاس يصنع فجعل على شكل مخروط قائم مستديرو يقطعه بالانحراف على وضع مائل اذا اراد تطبيقه على اتمام مثل الى اعلام مهندس يحسب سير الاجسام السماوية وشكل المخاريط النظرية التي قواعد الخطوط المنحنية المقطوعة بمركز الكواكب فان الهندسة في ذلك كله واحدة وكذلك السطوح والقطوع والخطوط المنحنية المستعملة في اسهل الصنائع واعظم تطبيقات العلوم فانها ايضا واحدة لا تتغير

وقول ان الغرض الاصل من هذه المقابلات هو تسهيل المسائل التي بدون ذلك يفزع الاقسان من مطالعتها لكن يسهل عليه فهمها ان وقع على ما بينها من المناجاة وعلى كيفية اجراءها عند جميع الناس حيث انها تستعمل في اشغال كثيرة مباشرة عملتها كل يوم بايدينا او تكون نصيب اعيننا فلا مانع ان نقول ان ذلك هو حقيقة الهندسة التي تطبق على العلوم والفنون والحرف

واذا رصدنا مع التأمل وامعان النظر منظر السماء في ليلة صحو رأينا الكواكب التي تزين القبة السماوية لا تمكث ثابتة بالنسبة اليها بل نراها ترتفع على التوالي كالشمس من جهة المشرق آخذة الى الجنوب وتخفض جهة المغرب حتى تختفي الى غد

وكل نجم نرى في هذه الحركة دائرية بجميع هذه الدوائر متحدة المحور وهو عين محور الارض ولذا كان يترأى لنا من منظر السماء كأن القبة السماوية لها حركة دوران حول محور الارض

وقد اعتقد كثير من الناس في قرون عديدة ان جميع الكواكب تدور على الوجه السابق حول الارض التي هي على اعتقاد العامة ثابتة في مركز الدنيا وبالهندسة يظهر لنا سر هذا المنظر السماوي وما يبدو في شأنه من التضيلات

وذلك اننا بعيدون عن الكواكب بحيث ان الاشعة النظرية الصاعدة من اماكن مختلفة من الارض الى كوكب واحد تظهر باجمعها متوازية فاذا يكون منظر السماء واحدا سواء كان الناظر على سطح الارض او في مركزها فاذا فرضنا ان الناظر في المركز ان السماء تدور بحركة تامة منتظمة في ظرف اربع وعشرين ساعة حول محور الدنيا كانت الارض ثابتة واذا فرضنا ان الشمس ثابتة لزم عكس ذلك وهوان الارض تدور حول محور الدنيا وفي هذه الحركة يكون الكوكبان اللذان يترأى انهما ثابتان هما قطبا الدنيا وحيث ان بعد كل كوكب من هذين القطبين لا يتغير فان كل كوكب صاعدا كان اوهابطا بالنسبة

لا فرق عتة تقط مختلفة من الارض يكون دائماً على شعاع نظري يصنع مع الشعاع الذي يتجه نحو القطب ويدل على محور الارض زاوية واحدة فاذن يتراى لئان كل كوكب يتحرك على مخروط واحد مركب من الاشعة النظرية ولا تزال جميع الكواكب عند قربها من مختار يطعها ثابتة على بعدها الخاص بها وعليه فيكون منظر السماء واحد الوفرض ان الارض ثابتة والسماء متحركة فمن كانت مشاهدة مناظر السماء تعرف بواسطة خاصية سهلة جدا من دوران السطوح والنقط حول محاور ثابتة فاذا كانت الارض ثابتة فان القبة السماوية تدور حول محور الارض وبالعكس اعني انه اذا كانت القبة السماوية ثابتة فان الارض تدور على نفسها ومضى عرفنا قواعد الحركة المستديرة رأينا ما استقر عليه رأى المهندسين في شأن السماء والارض

وليست الكرة بمجرد سطح دوران بحيث يمكن تولده بدوران دائرة حول خط مستقيم فاذا فرضنا ان محور السطح المذكور لا يمر بمركز الدائرة فانه يحدث سطح من جنس السطوح التي تسمى بالحلقية لان الحلقات التي تستعمل في الصناعة هي نوع خاص من جنس السطوح المذكورة ومن المعلوم ان سائر مستويات دوائر انصاف النهار تقطع الحلقية في دوائر متساوية كما في (شكل ١٢) وان جميع المستويات المتوازية تقطع ايضا السطح المذكور في دوائر نصف قطرها مختلف

واعلم ان انطوائهم التي يلبسها الرجال والنساء في اصابعهم هي في الغالب سطوح مستديرة تسمى بالحلقات

ويستعمل في الفنون حلقات مثل ا ب ث كما في (شكل ١٣)

تربيعين هـ د ش من رزة هـ د ش ف المسيرة في البلاط وفي حائط يحدث عنها حلقة ثابتة يرتبط فيها جملة حبال

ويستعمل ايضا شكل الحلقية اوجز منها في تزيين العمارات

وقد يكون ربعان من الدائرة وهما ا ا و خ خ (شكل ١٤) الموجودان في رؤس الاعمدة وقواعد رربعين من السطح الحلقى المتولد من

دوران دائرة حول محور العمود وتكون بسطة ب ب نصف سطح
 حلقى مصنوع من دوران الدائرة حول محور العمود المذکور
 ويستعمل المعمرجى ايضا السطح الحلقى لصناعة القبة ومن ذلك ما يشاهد
 في العمارة الفريضة التي بسرق القمح ياريس من القبة الفريضة التي على
 شكل نصف كرة مثل أ ب ث كما في (شكل ١٥) حولها سطح
 حلقى جانباه مركبان من نصف ثرى أ د ه و ث ف غ
 وقد تتركب الآتية المستديرة القديمة التي على هيئة (شكل ١٢) من اجزاء
 اسطوانية مثل أ ب و ث د و ه ف و ع ش ومن اجزاء
 حلقية ايضا مثل م ن و ح خ و ز ح و ط ع و س ه منه
 وحين يضع النجار الخواطة حول باب مقنطر مصمت ترسم الاجزاء المستديرة
 من حديد قارنه سطوحا حلقية

ويكون ناقوس أ ب ث د ه (شكل ١٧) المستعمل للدق
 في المعادل والكنائس والمساكن الساذجية سطح دوران مركبا من اجزاء
 مخروطية ومن اجزاء حلقية

ثم ان البحارة يستعملون حلقة غير كاملة الاستدارة ويسمون بها بالقشرة
 ويلقون على هذه الحلقة جبلا يكون مسكنه تجويفها الخارجى ويشد
 طرفاه بحيث يتعذر خروج الحلقة منهما ثم يوضع فيها حبل ثان يتحرك فيها
 بدون مانع

وقد اجتهد علماء الهيئة زمانا طويلا في ظواهر زحل وخاتمته الذي يظهر مع
 التدرج ببيئات مختلفة مثل آ و آ و آ الخ كما في (شكل ١١)
 ولم يمكنهم الوقوف على حقيقة ذلك لكنهم اذا تجرؤوا في المعارف الهندسية
 عرفوا بغاية السهولة ان ختم زحل الذي تتغير مناظره وهى آ و آ و آ
 ويكتشف تارة كرة زحل وتارة يقطعها يكون في الحقيقة ثابت الصورة والنظم
 وتكتفى طريقة المساقط السهلة في ايضاح الخاتم المذکور

والسطح الحلقى الذي يستعمل في القنون بكثرة هو الطارة فالطارات المستعملة

في البكرات هي اسطوانات مسطحة بالكلية من جهة عرضها ومجوفة من
 جهة محيطها على هيئة سطح حلق متولد عن دوران قوس دائرة
 ويحدث ايضا عن قطع عجلات عربية مثل $\overline{م}$ و $\overline{م}$ و $\overline{م}$ (شكل ١٨)
 سطح دوران حلق ويكون جزم هذه العجلات الذي في مركزها مصمتا وهو
 ما يسمى بقلب العجلة وهو $\overline{أ ب ث د}$ ويضم سطح الدوران المذكور
 بانصاف اقطار متساوية البعد عن بعضها الى الحلقة التي تصنعها القطع
 وتكون القطع المذكورة المترتبة من اجزاء متساوية مغطاة بجلب من الحديد
 يتصلب بها اطراف القطع التي هي مسجرة عليها
 وهناك عجلات تكون سائر انصاف الاقطار بالنظر اليها في مستوا واحد مثل
 $\overline{ر ر ر}$ وحيث تكون الجلب المتخذة من الحديد عمودية من جميع الجهات
 على المستوى المذكور ويحدث عنها اسطوانة

وهناك عجلات اخرى تكون انصاف اقطار $\overline{ض ض}$ و $\overline{ض ض}$ الخ
 بالنظر اليها متجهة كاضلاع المخروط القائم المستدير والجلب العمودية من
 جميع الجهات على استقامة انصاف الاقطار المذكورة يحدث عنها في حداثتها
 سطح مخروط ومن هذا القبيل العجلات المخروطية
 وعند ذكر الخواص الميكانيكية للعجلات نين ما لتوصي سطوح الدوران
 المذكورة من المنافع والمضار لاجل نقل الاثقال

وسطح البراميل هو احد سطوح الدوران التي اشتهرت دون غيرها بساذجية
 تركيبها لما فيها من كبة من الواح رقيقة السمك تسمى دفوقا وملصقة باضلاعها
 الضيقة جدا بحيث اذا طويت مع الشدة بدوائر متوازية كدوائر $\overline{أ ب}$
 $\overline{و ا}$ و $\overline{ش د}$ و $\overline{ث د}$ كما في (شكل ١٩) وبقيت على ذلك
 الطي حدث عنها سطح دوران متوازياته هي عين الدوائر وجوابه هي
 التمامات الدفوق

ولا جل غلق سطوح الدوران المذكورة تصنع مستويا مستديران الواح اخرى
 رفيعة جدا تسمى بالقاع ويكون هذا المستوى مفصلا على حسب الاطراف

ومصنوعا على صورة قطع مخروطية ليدخل في حزم مستدير يسمى مدخلا
ويحفر على الوجه الداخل من الدفوف

ويجب على صانع الدفوف بعد أن يجعل لها سمكا مناسباً أن يضعهما من الطرفين
بان يمهّد وجهها الرقيق على قارة كبيرة ثابتة يقال لها الرندج الكبير
ولا يتوقف هذا العمل الاعلى بمجرد النظر فلذا كان ينشأ عنه عدم الانتظام
الذي يضرب صناعة البراميل

ويجب علينا أن نتم باستعمال طرق هندسية لتجعل للدفوف شكلاً كاملاً
الانتظام فلنفرض أن كل دف يثنى بين ثلاث نقط ثابتة كنقط **ا** و **ب**
و **ث** أو أكثر (شكل ٢٠) وان **و** عبارة عن محور برميل دفه **ا ب ث**
فيحصل معنا قارة سلاحها موضوع في المستوى الجانبي بمعنى أنه يميز بمحور
و ولنفرض أن هذا السلاح تارة يمكن تدويره حول المحور المذكور وتارة
يمكن سيره ورجوعه في مستوى دائرة نصف النهار فإذا قربت القارة
على وجه لائق من دف **ا ب ث** فالتان صنع الوجه الصغير والامنع اعلاه على
حسب الشكل المطابق لصورة البرميل الجانبية وثانياً بقلب هذا الدف
أي جعل اعلاه اسفله

فإذا صنعت الدفوف بهذه الطريقة كانت صالحة لصناعة سطح دوران مع غاية
الصبط

وقد استسوا بمقتضى هذه الطريقة فبريقة عظيمة في مدينة غلاسكوينية
يبلاد ايقوتيا لصناعة البراميل ولا وجود لها الآن في قرانسا ايضاً
فبريقة يظهر أنها نجحت في هذه الصناعة

فإذا اجتمعت سائر الدفوف نشرنا اطرافها بشرط أن يكون سطح القطع
عمودياً على المحور ثم تحفر الحزم المسمى مدخلا بقارة مشابهة للجنكار وهي آلة
من آلات الجارة لها ضلع مسطح يوضع على المحيط المرسوم باطراف الدفوف
بمخلاف سلاح القارة الرفيع الباساذ فانه يكون على قضيب قائم على
بعد كاف من اسفل الضلع المسطح لاجل حفر المدخل ثم تقام القاعات على

حسب دائرة نصف قطرها يساوي نصف قطر للدخل ومقي تم ذلك تبسط
الدخول من جهة اطرافها حتى يمكن ادخال القاعات في الدخول ثم يراق البرميل
بان نضع دوائر محددة متخذة من الخشب والحديد عوضا عن الدوائر الوقتية
المستعملة لصناعة البرميل المذكور

والبراميل هي اعظم ما يتخذ من الخشب في صيانة السفن بحيث لا يفقد
مهائلي وهذا انما يكون في صورة جودة الخشب واتقان صناعة البراميل
ومن جملة تنظيم سق السفن ان يكون فيها مقدار عظيم من البتاني التي تشغل

عدة طبقات مثل \overline{AB} و \overline{CD} و \overline{EF} كافي (شكل ٢١)
وتسمى بالصف الاول والثاني والثالث من طبقات التنظيم ومن الضروري
ان نعرف قبل ذلك ارتفاع هذه الطبقات المذكورة لنعلم المسافة التي تشغلها
براميل التبيذ والماء والعرق وما اشبه ذلك من باطن السفينة المسجي خنا
وكذلك المسافة التي تبقى لحل المواد الاخر التي يتم بها سق السفينة

(وما ينبغي التنبيه عليه ان البتاني المشار اليها بتلك الحروف وهي \overline{M} و \overline{D}
و \overline{C} المفروض تساويها متلاصقة فاذا ن تكون مراكزها الثلاثة متباعدة
عن بعضها بمقدار يساوي القطر الاكبر من كل واحدة منها فاذا مددنا في مثلث
 \overline{MCD} من رأس \overline{D} خطا مستقيما كخط \overline{DE} عمودا على \overline{MC}
وفرضنا $\overline{MD} = \overline{DE} = \overline{MC}$ نتج ان $\overline{MC} = 2 \overline{MD}$ ثم انه
بمقتضى خاصية مربع وتر الزاوية القائمة ينتج ان $\overline{DE} = \overline{MC} = 2 \overline{MD}$
 $\overline{MD} = 2 \overline{DE} = 4 \overline{MD} = 3 \overline{MD}$

وبؤخذ من ذلك ان خط \overline{DE} يساوي تقريبا $\frac{1}{3}$ و $\frac{1}{4}$ الا ان
مركزي \overline{M} و \overline{C} يكونان على بعد واحد من الارض مساو لنصف قطر
البتاني $\overline{MD} = 1$ فاذا ن يكون مقدار ارتفاع مركز \overline{D} فوق الارض $\frac{1}{3}$
و $\frac{1}{4}$ واذا كانت بنية \overline{DE} موضوعة وضعها محكما على بنية \overline{C} كان ارتفاع
مركز \overline{D} فوق الارض مساويا لنصف القطر ثلاث مرات فاذا ن يتوفر من
تعلق كل صف من البراميل ٢٧ جزأ من مائة من نصف القطر تقريبا

ومع ان ترتيب (شكل ٢١) يوفر ٢٧ جزءاً من مائة من نصف قطر
البنائي يضيغ من الانسان مسافة صغيرة ويمنع هذا الضرر باستعمال
مناديق من الحديد على صورة شكل مكعب توضع في سماء السفن وتحتفظها
حفظاً جيداً

وقد يصنع في التريمانات البرية والبحرية بواسطة الكل ودانة الابوس والجب
وغيرها من الدانات المجهزة التي قطرها واحد وعيارها واحد كيان منتظمة
بمستويات اقوية كافي (شكل ٢٢) ويكون شكل قاعدة هذه الكيان في العادة
مستطيلاً وتكون صورتها على شكل منشور مثلثي واوجهها متماثلة الوضع
(ولاجل معرفة عدد الكل التي يحتوي عليها كوم يكون على شكل منشور
ناقص منتظم ككوم (شكل ٢٢) نحسب اولاً مقدار الكل التي في احد
اوجه مثلث $\overline{أ ب ث}$ فاذا عددنا مثلاً ما في صف $\overline{ر}$ من الكل وجدناه
يبلغ هذا العدد وهو

$$(1 + 2 + 3 + \dots + r)$$

فتضرب ثلث هذا العدد في مجموع الكل التي في الصفوف الطرفية وهي
 $\overline{أ ب ث} + \overline{ب ر} + \overline{ث ر}$ الدالة على اضلاع المنشور الناقص المنتظم
وهو $\overline{أ ب ث ر}$

وليكن $\overline{د}$ مثلاً عبارة عن عدد كل صف $\overline{أ ب ث ر}$ فيكون كل من صفي
 $\overline{ب ر}$ و $\overline{ث ر}$ محتوي على كل صف $\overline{ر}$ اكثر من احتواء
صف $\overline{أ ب ث ر}$ عليها فيقضي يكون $\overline{أ ب ث ر} + \overline{ب ر} + \overline{ث ر} = \overline{د}$
 $+ 2 - 2 - 2$

فاذن يكون مقدار مجموع كل الكوم $\frac{1}{6} (1 + 2 + 3 + \dots + r)$
 $\times (3 + 2 - 2 - 2)$ ومعرفة هذا الحاصل سهلة
فاذا لم يكن في صف $\overline{أ ب ث ر}$ الاكلة واحدة فان المنشور يصير هرماً مربعياً
عدد كلاله

$$\frac{1}{6} (1 + 2 + 3 + \dots + r) (2 - 2 - 2)$$

او $\frac{1}{4}$ (١ + ٢ + ٣ الخ + ر) (٢ + ر + ١) وإذا كان
 الكوم مثلثا فان $\overline{11} = \overline{10} = \overline{9} = \overline{8}$ او $\overline{10} = \overline{9} = \overline{8}$ و $\overline{10} = \overline{9} = \overline{8}$ فاذن
 ينتج ان $\overline{11} + \overline{10} + \overline{9} = \overline{10} + \overline{9} = \overline{8} + \overline{7} = \overline{6} + \overline{5} = \overline{4} + \overline{3} = \overline{2} + \overline{1}$
 فاذن يكون عدد كل الكوم المثلث الذي صفوف كاله ر
 (١ + ٢ + ٣ الخ + ر) $\times \frac{1}{4}$ (٢ + ر)

(الدرس الثاني عشر)

(في بيان السطوح الخازونية)

ينبغي لنا قبل الشروع في بيان خواص السطوح الخازونية وتطبيقاتها على
 القنون ان نختبر النخصيات التي يكون بها تركيب هذه السطوح
 وذلك بان نرسم مستطيل $\overline{وش}$ كـ (شكل ١) ونقسمه الى قطع متساوية
 العرض بواسطة خطوط مستقيمة متوازية مثل $\overline{ا-ب}$ و $\overline{ب-ث}$
 و $\overline{ث-د}$ الخ ونمد خطوط $\overline{ا-ب}$ و $\overline{ب-ث}$ و $\overline{ث-د}$ الخ المائلة
 وهم جرا فتصير تلك الخطوط بالضرورة موازية لبعضها حيث انها تقطع
 متوازيات اخرى مثل $\overline{ا-ب} = \overline{ا-ر}$ و $\overline{ب-ث} = \overline{ر-ث}$
 و $\overline{ث-د} = \overline{ث-ز}$ وغير ذلك الى اجرا متساوية

ولنفرض الان ان ار المستطيل المذكور ينثنى حتى يصير على صورة شكل
 اسطوانى يكون احدا اضلاعه $\overline{وش}$ ونعلق الاسطوانة بالكلية بحيث
 ينطبق ضلع $\overline{ا-ك}$ على $\overline{وش}$ انطباقا تاما فتقع حينئذ نقطة $\overline{ا}$
 على نقطة $\overline{و}$ و $\overline{ر}$ على $\overline{ا}$ و $\overline{ث}$ على $\overline{ب}$ و $\overline{د}$ على $\overline{ث}$ وهم
 جرا حيث كانت الاضلاع موازية لتضلى $\overline{وش}$ و $\overline{ا-ك}$ كانت معينة
 على مستطيل $\overline{وش}$ كـ $\overline{ا-ب}$ بخطوط $\overline{ح-ج}$ و $\overline{ر-ض}$ و $\overline{ط-ع}$
 الخ المستقيمة الموازية لتضلى $\overline{وش}$ و $\overline{ا-ك}$ الان هذه الخطوط المستقيمة
 المتوازية تقطع على المستطيل مائلات $\overline{ا-ب}$ و $\overline{ب-ث}$ و $\overline{ث-د}$
 و $\overline{د-ز}$ الخ في زوايا متساوية حيث ان هذه المائلات متوازية وبالجمله
 فاذا طبقنا المستطيل على الاسطوانة (شكل ٣) كانت كل زاوية من

الزوايا المتألفة من مائلات ١١ و ٢ و ٣ الخ (شكل ١)
ومن اضلاع ح خ و ر ض و ط ع الخ لا تتغير
فحينئذ اذا انضمت مائلات ١١ و ٢ الى الاسطوانة في نقط
ا و ب و ج و د و ه و ز الخ (شكل ١) حدث عنها
مخزن يتكون منه مع اضلاع الاسطوانة زاوية واحدة في جميع جهاته
وهذا المخزن المنفرد هو الذي يطلق عليه اسم الخط البريمي او الحزري
الاسطواني

واذا اتتني المستطيل بحيث يحدث عنه اسطوانة فاعدها دائرة تحصل الخط
البريمي المستعمل كثيرا في الفنون

ولنفرض ان نقطتين يسيران في زمن واحد من نقطة ش احدهما على
ضلع ش ك من المستطيل (تسكل ١) والاخرى على مائل
ش ك وفرض ايضا ان هاتين النقطتين يمران في زمن واحد بخط ح خ
اولا وبخط ر ص ثانيا وبخط ط ع ثالثا وهكذا فيحصل
لنا بمقتضى خاصية الخطوط المتناسبة هذا التناسب وهو

ش خ : خ غ :: ش ص : ص ض :: ش ع : ع ه
وهكذا

فاذن تبعد النقطة التي تتبع اتجاه مائل ش ه من قاعدة ش ك
بكميات خ غ و ص ض و ع ع الخ مناسبة للبعدين ضلع
وش و اضلاع ح خ و ر ض و ط ع الخ
وبناء على ذلك اذا ادركنا حول الاسطوانة احد اضلاعها كضلع ش و
وكان هنالك نقطة سائرة على طول هذا الضلع بحيث تكون المسافات المقطوعة
بالنقطة والضلع المذكورين متناسبة فان النقطة المذكورة ترسم خطا بريميا
او حزريا كالخط المرسوم في (شكل ٣) فحينئذ يكون الشكل الحزري
حادثا من النقطة التي عند دورانها حول المحور تسير في الجهة الموازية لذلك
المحور بالنسبة للكمية التي تدورها حول المحور المذكور

وبناء على ذلك يمكن للخرائط ان يرسم شكلا حلزونيًا على اسطوانة بواسطة آلة قاطعة تسير بالتوازي للمحور وبالنسبة للكمية التي تدورها الاسطوانة حول المحور المذ كور وببناء عليه ايضا ينبغي في كل دور من الاسطوانة لاجل رسم الشكل الحلزوني ان تكون آلة الخرائط سائرة على طول واحد وهذا الطول المتساوي من جميع جهاته هو المسمى بخطوة البريمي او الحلزوني فاذن تكون مسافة الادوار المختلفة للخط البريمي او الحلزوني المقيسة على كل ضلع ملازمة لحالة واحدة وهي الخطوة الحلزونية

ولنفرض (شكل ٢) انه بواسطة الطبع او غيره نستخرج صورة من (شكل ١) بمعنى اننا صنع شكلا ثانيا مما نلنا الاول ونثنيه على اسطوانة (شكل ٤) المساوية لاسطوانة (شكل ٣) فيحدث شكل حلزوني متجه اتجاها مضادا لاتجاه الشكل الحلزوني المتقدم في (شكل ٣)

وحلزون (شكل ٣) هو الدائرة جهة اليمين وحلزون (شكل ٤) هو الدائرة جهة الشمال ومتى كانت الاسطوانتان المتقدمتان متساويتين كما في شكلي ٣ و ٤ وكانت خطوة البريمي ملازمة لحالة واحدة فان الحلزون الدائر جهة اليمين يكون مما نلنا الحلزون الدائر جهة الشمال

(بيان شكل البريمي الحلزوني)

وعوضا عن ان ندير نقطة واحدة حول المحور يمكن ان ندير حول هذا المحور اى شكل مستو كمثلث (شكل ٥) او مربع (شكل ٦) فعلى ذلك نرسم سطوحا يمكن ان تكون مجوفة او محدبة على اسطوانات يمكن ايضا ان تكون مجوفة او محدبة ويطلق اسم البريمات على المجموعات او المحدبات الحلزونية الشكل المتكونة من دوران مثلث او مربع حول الاسطوانة سواء كان ذلك المثلث او المربع مجوفا او محدبا وهذا المثلث او المربع يسير على طول الخط البريمي مع ملازمته لصورة مولده في وضع واحد بالنسبة لآلة الخط البريمي ولا يتجه محور الاسطوانة

ويطلق اسم البريمي على اسطوانة **أ ب ث د** (شكل ٥ و ٦) التي تحتوى

على البرمة فوق سطحها المحدث وبطلق ايضا اسم بيت البرمة على الاسطوانة
 المحوفة التي لها برمة حازونية الشكل محفورة في سطحها الجوف
 فاذا كان هنالك اسطوانتان قطرها واحد وكان الحزبون المتقدم هر سوما
 على محيطهما ورمسنا فيه بعد ذلك مولد البرمة فانه من حيث كون احدهما
 محدبة والاخرى محوفة يحدث من ذلك برمة ويبتها ويكونان متحدتين في البرمة
 والمحاورة فاذا نقول انه يمكن ادخال البرمة في بيتها بان نجعلها تسيروا وتدور
 في ان واحد يدوران ترك شيئا من الفراغ بينها وبين بيتها وبدون ان يتقص من
 حجمها شي في سائر الجهات

واذا فرضنا اننا نبدأ بادخال طرف البرمة المحدث من البرمة في طرف البرمة
 المحوفة من بيت البرمة فان اسطوانتي البرمة ويبتها يكونان منتظمين بحيث
 يكون محوراهما على خط مستقيم واحد فاذا تقرر هذا فان احدي
 الاسطوانتين في كانت ثابتة فان الاخرى تدور بحيث تسير كل نقطة من برمتها
 بالتوازي للمحور والنسبة للكمية التي تدور بمقدارها وعلى حسب النسبة
 المعينة بانحناء الخط السري المستعمل مولدا للبرمات في ذلك رسم الصورة
 الجانبيه من سطح البرمات المحدثه سطح البرمة المحوفة فاذا نكون البرمة المحدثه
 بتمامها في المحوفة من غير ان يكون بينهما فراغ وهذا هو حركه البرمة في بيتها
 وقد صنعوا بطريقه هندسيه مع الاهتمام بالبرمات المثلثية والمربعية ليتيسر
 لتلازمه ان يقفوا على حقيقة مساقط (شكلي ٥ و ٦) وهذا هو اعظم
 ما يتعرفون به في العمليات الهندسيه

وكما انه يوجد نوعان من الحزونيات احدهما يدور جهة اليمين والاخر جهة
 الشمال يوجد ايضا نوعان من البرمة ويبتها احدهما يدور جهة اليمين والاخر
 جهة الشمال ومن المعالوم انه لا يمكن ادخال البرمة الدائرة جهة اليمين في بيت
 البرمة الدائرة جهة الشمال وان البرمة الدائرة جهة الشمال لا يمكن
 ادخالها في بيت البرمة الدائرة جهة اليمين
 والبرمات استعمال في القنون غير منقطع فانها تارة تستعمل لتحويل حركه

مستقيمة الى حركة مستديرة ونارة تستعمل لعكس ذلك كما ستعرفه عند الكلام

على الآلات في المجلد الثاني من هذا الكتاب

ولتنبه كافي (شكل ١) على ان خطوة $\overline{وا} = \overline{اب}$ الخ من البريمة

يمكن ان تكون صغيرة جدا بالنسبة لطول $\overline{ش}$ من محيط الاسطوانة

وعلى ان مثلث $\overline{ش ك شه}$ يحدث مقياسا مركبيا من اجزاء $\overline{خ غ}$

و $\overline{ض ضه}$ و $\overline{غ غ}$ الخ التي نسبتهم بعضها $١ :: ٢ :: ٣$

وهلم جرا وهو سلم مشابه للسلم الذي تقدم ذكره في الدرس الخامس (شكل ٥)

فاذا كان محيط القاعدة دالا على اجزاء $\overline{ش خ}$ و $\overline{خ ض}$

و $\overline{ض ع}$ الخ المتساوية لزم ان يكون الخطأ البين في هذه الاموال قليلا

بالنسبة لارتفاعات $\overline{خ غ}$ و $\overline{ض ضه}$ و $\overline{ع ع}$ وهلم جرا

(بيان اجراء العملية)

فما كتسبت الصناعة في الخاصة الهندسية المتقدمة مبلغا عظيما بالنظر

لتقسيم الخطوط المستقيمة الى اجزاء متساوية تقسيما صحيحا بواسطة البريمة

ولنقسم قاعدة $\overline{اب}$ (شكل ٧) الى اجزاء متساوية قسمة صحيحة

ونفرض ان خطوة بريمة $\overline{م ن}$ التي محورها موازن لخط $\overline{اب}$ يكون

مقداره عشر محيط الاسطوانة المقصّل عليها البريمة المذكورة وان مقدار

نصف قطر هذه القاعدة يبلغ عشر نصف قطر مسطح $\overline{ح خ}$ المستدير

المنقسم محيطه الى عدة اجزاء متساوية ونفرض ايضا ان الخطأ الناشئ عن

تقاسيم مسطح $\overline{ح خ}$ يبلغ جراً من ألف من متر وهذا الايتأني في العمليات

المضبوطة فيكون محيط مسطح $\overline{ح خ}$ اكبر من خطوة البريمة مائة مرة

وكل دور من ادوار $\overline{ح خ}$ لا يمكن ان يقدم شاخص $\overline{ش ص}$

المجذوب بهذه البريمة ولا يؤثره الا بمقدار خطوة واحدة فاذا لم يكن الخطأ

الحاصل على المسافة التي يقطعها الشاخص الاجراً من مائة من الخطأ

السابق في تقاسيم دائرة $\overline{ح خ}$ فاذا لم يتجاوز الخطأ الحاصل على $\overline{ح خ}$

جراً من ألف من متر فلا يمكن ان يتجاوز الخطأ الحاصل على $\overline{اب}$ جراً من

مائة من طياتر ائني انه لا يجاوز طول اقل من الطول الذي يعرف مقدارهم بجزء
الالتفات وامعان النظر

واذا ادركنا دائرة ح خ بحيث يسكون الدليل الثابت الذي هو ز
مقابلا بالتوالي للتقاسيم القريبة جدا من هذه الدائرة وهي ١ و ٢
و ٣ الخ فالتقسيم مستقيم أ ب الخارج آ صغيرة جدا بحيث لا يدرك
ما بينهما من الاختلاف في التساوي وقد تكون الآلات المعدة لتفصيل البريمات
متناسبة على حسب النسب التي يلزم جعلها بين التقاسيم الطولية لخط أ ب
وتقاسيم دائرة ح خ و ينبغي ان ننبئ للتلاميذ تلك الآلات بيانا
شافيا فنقول

تختلف البريمات كثيرا على حسب شكل البريمات فتارة يكون قطع البرمة
العمودية على الحزون المولد مثلثا متساوي الاضلاع وتارة يكون من بعاد هذا
هو الذي يحدث عنه البريمات ذات البرمة المثلثية (شكل ٥) والبريمات
ذات البرمة المربعة (شكل ٦)

وتستعمل البريمات لتقريب القواعد والاسطوانات المتوازية من بعضها
اولا بعبادها بحيث لا يحصل تغير في توازها ولتصور الان بريمتين متساويتين
تكون كل واحدة منهما في طرف اسطوانتين موضوعتين وضعهما منتظما بحيث
اذا ادركنا البريمتين يجعلان محوري الاسطوانتين قريين او بعيدين من
بعضهما فاذا ادركنا البريمتين بكمية واحدة فان الاسطوانتين يقر بان او يبعدان
من بعضهما على حد سواء لكن المسافة المقطوعة بالدليل الثابت في كل برمة
يمكن ان تكون اكبر من خطوة البرمة بمقدار ١٠٠ و ٢٠٠ و ٣٠٠
وحيث لا يحدث عن المسافة المقطوعة بالدليل لاجل ابعاد الاسطوانتين
او تقريهما من بعضهما الا ١٠٠ او ٢٠٠ او ٣٠٠ وهو اقل من
الخطوة المذكورة ويعلم من ذلك تنظيم بعد الاسطوانتين مع غاية الضبط ولهذا
في كثير من العمليات اهمية عظيمة تتعلق بالصناعة
ويمكن اجراء عمليات اخرى من هذا القبيل لقياس الاطوال او جوبها مع غاية

الضبط الذي لا يمكن الوصول اليه بمجرد حاسة البصر ويظهر في هذا المعنى من صناعة آلات النظر وعلم الهندسة امثلة بجملة فاشنة من استعمال برميات التجاذب

فاذا كان المطلوب جعل آلة لها ثلاثة ارجل اواربعة بحيث يكون سطحها مستويا فالتاثير يجعل تحت كل واحدة من هذه الارجل برمية تجاذب نديرها مع التدرج عينا او شمالا على حسب انحناء الالة اوارتفاعها من جهة احدى هذه الارجل فبذلك تقرب الالة من الوضع الحقيقي بدرجات دقيقة جدا وهذا اتفاق في المكان اللازم وقوفها فيه مع غاية الضبط وهناك برميات تجاذب في الآلات ذات الانعكاس تستعمل لاجل وضع المرآة في وضعها الحقيقي وبرميات اخرى لتقريب بعض اجزاء من الآلات من بعضها والافصالها عنها وغير ذلك

وقد يرى في الامور الطبيعية عدة نباتات سارية على صورة شكل حلزوني ترتفع حول اسطوانه منتصبه كخندق شجرة كبيرة او صغيرة او حول وتد بسيط فترسم شكلا حلزونيا وفي بعض الاحيان يتفرع عن النبات اغصان طويلة جدا متعلقة بنقط الارتباط المتفرعة هي عنها بواسطة الياف تثني على صورة شكل حلزوني وقد يكون في النباتات والاشجار عروق باطنية ملتفة ايضا على صورة شكل حلزوني وهناك عدة نباتات فروعها واوراقها وثمارها خارجة عن الفرع الذي يحملها على حسب اتجاه حلزوني

* (بيان اجراء العمليات) *

قد يستعمل في الفنون تلك الاشكال الحلزونية الموجودة في النبات اما لاجل ربط الاجسام وادخالها في بعضها فمن ذلك ان ارباب الجراحة اذا ارادوا لف عصابات على اعضاء صورتها تقرب من شكل الاسطوانات كالاصابع والسيقان والاذرعة فانهم يلقونها بعصابات يكون اتجاهها حلزونيا ليستروا بالتدرج مسافة من العضو اعرض مما تستره العصابة التي يسهل بعد ذلك امساكها بادي رباط

وستكلم تفصيلا على الخواص والخصائص والبريمات فتح السدادات عند الكلام على الخواص الميكانيكية للبريمة والخار بور في المجلد الثاني في مجت شرح الآلات

(بيان الاعمدة الملتفة)

يتراى لسان بعض جذوع الشجرة التي اذا تلف حولها غصن من نبات القسوس التافا حارونيا يحدث عنه انضغاط بحيث لا يمكن تجسيم الجذع الا بين ادوار هذا الحزبون ويتشكل بشكل البريمة ذات البرمة المربعة وهذا هو ارنيك الاعمدة الملتفة (شكل ٨) وهي اعمدة غير ساذجية وليس لها مثانه الاعمدة العادية وبسبب ذلك لا تعجب الاضعفاء العقول واطرف زينة جذيرة بالنفون المستطرفة هي اكاليل الازهار التي تلف التافا حارونيا حول اعمدة منتظمة او حول ابواب خفيفة تلبسها العذارى لاجل الزينة في المواسم والرقص وترجع الى ما كنا بصدده من العمليات المفيدة فنقول

(بيان الامبيق الملتوى)

الامبيق هوالة (شكل ٩) مضاهية من حيث شكلها للبريمة فتح السدادات الا انها مجوفة وغير مصمتة وهي حادثة من حركة دائرة يجوب مركزها خطا بريميا ويمكث مستويا عمودا عليه فاذا تصاعد السائل بالتقطير ومر في الملتوى المنعكس في برميل مملوء بالماء فان البخار يتكاثف ويصل الى اسفل الملتوى ويستعمل الى مائع مبرد ثانيا وهذا الوجه يتكاثف العرق وغيره من الارواح المتحصلة بالتقطير

وقد يصنع كل من صانع الحصر وضايف البرانيط المتخذة من الخوص اسطوانات (شكل ١٠) من الضافير الضيقة المسطحة التي اذا اتحدت كلها من جميع جهاتها دلت على رافات ١١ - ب و ب - ث ونحو ذلك (شكل ١) واذا تلف الرافات على صورة محيط الاسطوانة وخطت بجانب بعضها ضلعا بضع فانه يحدث عنهما مع الاحكام سطح اسطوانى ويمكن

باستعمال مثل هذه الطريقة ان تصنع ايضا مستويا ومخروطا وكره بان نشد
 قليلا احد طرفي الضفيرة ونضيق قليلا الطرف المقابل له
 وكما اضافت الضفيرة ولزم شد احد اضلاعها ونضيقه قرب السطح المصنوع
 من الصورة الدقيقة المطلوبة واستكمال صناعة البرانيط الطريقة المتخذة من
 الخوص ييلاد فلورنسة مخصص في التسوية بين الضفائر في الاتساع ومتانة
 الضفيرة وقلة عرضها وادقة الخوص وحسن منظر النسيج المنتظم
 ويستعمل كثير اصناعات الالات اليسايات ذات الشكل الحزوني التي سئين
 ما ينشأ عنها من الفوائد عند ذكر مرونة الاجسام ومن هذا القبيل
 ياي العربات

وهناك اشخاص يلتفت شعرا طبيعية على شكل حزوني ومنهم من يجعل شعره
 ضفائر ويلفقه على اسطوانة حادة صغيرة القطر او يطويه على صورة حلزوني
 ويضعه في غلاف من الورق يسمى ملفا ويحصره بين ماشة من الحديد محجمة
 فتقرب حرارتها الرطوبة التي تكون في الشعر وتساعد في ارتخائه وتجعله
 مسترسل على صورة خط مستقيم ويحصل له بسبب الضغط انحناء حزوني
 يحفظه تجعيده زمنا طويلا على حسب طبيعته وحالة الجو

والغرض من فن تزيين الرأس وتحسينها المسمى عند العامة بالسبسة وكذلك
 فن التصوير في صورة ما اذا اريد جمع خصلة شعر على هيئة مستحسنة هو ضم
 الشعر وجعله على صورة اشكال حلزونية ثم جعلها ضفائر او غدا ارتعد مع
 بعضها بحيث يحدث عنها مجموع يلايم ما هو مطلوب من الزينة ويلايم ايضا
 هيئة الشخص الذي يزين بهذه الكيفية ومن هذا القبيل اغلب زينات اليونان
 والرومان فان الاشكال الحلزونية موجودة عندهم في هذا المعنى على
 احسن وجه واتم نظام

وهانحن شارعون في ذكر نوع من الحلزونات اهم من اغلب ما ذكرنا من الامثلة
 وهو الخيوط والجبال فنقول

قد يصنع لاجل النسيج والجبال خيوط رفيعة او غليظة من التيل والكتان

ومن يلف بعض الاشجار فهو ذلك ويستعمل لذلك ايضا الشعر النبائي اى
القطن وكذلك الصوف وغيره من شعور الحيوانات
ويلزم قبل صناعة الخيوط ان تفعل خيوط اول مادة متوازية بواسطة
المشط او الشبثة وتقسما الى اجزاء رفيعة جدا ومتساوية بقدر الامكان
فى الغلط والطول

(بيان غزل النيل والكتان)

يستعمل فى هذا الغزل اولا المغزل وكيفية ذلك انه يجرد برم الخيط يلف على
المغزل ثم يشبك على السنارة التى فى رأس المغزل بطرف القطة وتبرم الغزالة
طرف المغزل باصبعها برمة قوية فتصل قوت البرم الى جزء الخيط الذى لم يلف على
المغزل وهو جزء منته الغزالة بان تجذب يدها اليسرى الخيوط المتوازية من
الركة فتشكل هذه الخيوط بشكل حلزوى

ولما كان المغزل ابدا جميع آلات الغزل اتماما لتمامه دولابا بسيطا
(شكل ١١) فيحركه الغزال بيده او رجله فبميزد قتل الخيط يلتف على
المغزل الذى هو فى الحقيقة مغزل ميكانيكى ويحصل البرم بنفس الدولاب وليس
على الغزال الا جذب الخيوط المتنوعة من الركة لجعلها منتظمة فى وضع يصلح
لان يحدث عنه خيط متحد الغلط من جميع جهاته وذلك ان الخيط يلف على
الدولاب المذكور بواسطة اجنعة (شكل ١٢) ذات كلاليب وتكون
هذه الاجنعة ثابتة على محور م د الذى يمر من خلال المغزل او الاسطوانة
المتخذة من الخشب مثل و ض ه وعليه يلتف الخيط ثم تسير الاسطوانة
بحيث تكمل الدور فى اسرع مما تكمله الاجنعة بمعنى انها تستغرق زمنا
اقل من الاجنعة ولهذا كان الخيط الذى يلتف على الاسطوانة مجذوبا
بالاسطوانة المذكورة ويلتف عليها مع التدرج

ولاجل الوقوف على حقيقة ذلك فترض ان الاسطوانة تحدث خمسة ادوار
كاملة وقت ان تحدث الاجنعة اربعة ادوار فاذن يلزم ان الخيط يلتف دورا
كاملا حين تدور الاسطوانة خمسة ادوار والاجنعة اربعة وهذه الادوار المختلفة

تحدث عن الطارة الكبيرة لدولاب و ا ب (شكل ١١) فيقتضون
نسبة قطري طارقي م ه و ح غ لبعضهما كنسبة ٤ : ٥
وكل من حبل ا م ه ب و ا ح غ ب المشدودين على حلق
الطارتين الصغيرتين والطارة الكبيرة يقطع مسافة واحدة على حلق ا ب
بخلاف ما اذا دار الحلق فان دولاب م ه يدور خمسة ادوار حين يدور
ح غ اربعة وهذه هي النسبة التي يلزمنا اثباتها وقد خلت قرون عديدة قبل
ان يحترع الناس هذه الآلة التي يوجد فيما ابتدعه المتأخرون ما يفوقها
ويعا عليها

*** (بيان غزل الصوف والقطن) ***

كيفية ذلك ان يصنع اولاب واسطة الكردات طرقات متسعة متحدة في العرض
والدقة ثم تمتد فيحدث عنها سلب على شكل الاشرطة الضيقة يستحيل
بواسطة برمة خفيفة الى اسحبة ثم تؤخذ هذه الاسحبة وتبرم باليد او بالالة على
التدريج بجانب بعضها بحيث يلتف بعضها على بعض كلما دخلت
في الاسطوانة المسماة شلندرا حتى تكون متساوية في البرم بمعنى اننا نبرمها
برما يكون متعديا في سائر جهاتها كحجوم الخيوط المبرومة وذلك ليكون الخيط
متساوي الغاظ من سائر جهاته ويحدث عن كل خيط في هذه البرمة المستمرة
شكل حلزوني يسمى عند ارباب هذه الصناعة بالقانوس يكون محوره نفس
محور الشلندر الذي يرممه الخيط في نزوله

واما الدولاب العادي المستعمل لغزل القطن فانه يتركب من طارة كبيرة
مثل و ا ب (شكل ١٢) ومن قضيب يعرف عندهم بالمردن له
بكر صغير يمثل ث د ومن طرف متواصل مثل ا ب ث د فينتلي
هذا المردن الخيط كما يتلقاه المغزل ويمتد الخيط المذكور على هيئة السحب
في الجزء الذي لم يصل اليه البرم وتضغط الغزاة هذا السحب على بعد مناسب
من المردن وتدير يدها طارة ا و ب الكبيرة وهي قابضة بالانحرى على
السحب وتمده ليعبد عن المردن فان حركة الدوران اذا وصلت من الدولاب

إلى السحب يبرمه فيحدث عنه خيط تكون مباديه مخفية على صورة شكل
حزوي ويتوقف برمه هذه الحزونات على حالتين احدها سرعة طارة أوب
السابقة والثانية البطى الذي يمتد به سلب الكاردة ومق مارجز من السحب
خيط اغلظه وبرمه مناسبان فان الغزاة تعكس دوران الدولاب قليلا ليقل
الحزون المصنوع من الخيط على طرف المردن ثم تضع الخيط المذكور في اتجاه
عمودى على محور المغزل وتدير الدولاب على عكس الحركة الاولى فيلتف
حينئذ الخيط على المغزل عوضا عن ان يبرم ويكون عليه عدة حلزونات
فيتراى حينئذ ان العملية بالطريقة الميكانيكية هي عين العمليات التى تجرى
على مغزل الغزاة البسيط

وقد اقيم مقام برم المغزل على ميكانيكية وهى ابداع ما ظهر من الالات
الجديدة الصالحة للغزل وكيفيتها ان توضع الطرحات الخفيفة بعد خروجها
من الكاردات بين زوجين من الشلندرات المتوازية المرتبة على وجه بحيث
يدور الزوج الاول منها اقل من الزوج الثانى والثالث اقل من الثالث
وهكذا فاذن تمتد الطرحات بين الازواج الثلاثة من الشلندرات ثم تقبض
وتتكمش وحين تمر بجلة من الشلندرات مركبة كالاولى من ثلاثة ازواج
شلندرية يبرم ثانيا السلب المتخذ من القطن والصوف ثم يلتف على المغزل

فاذا تم ذلك نضع بجلة من المغازل على محاور قائمة منتظمة الترتيب على
دولاب يقوم بجميع وظائف الغزاة لما انه يسحب الخيط ويبرمه ويلقه على
المغزل ويتصل السحب المذكور هنا من ثلاثة ازواج من الشلندرات مختلفة
السرعة فن ثم يلتف الخيط على مغزل ذى جناح كالدولاب العادى وهذا
ما يسمى بالدولاب المتواصل لان الغزل يتصل عليه بحركة واحدة
مستمرة

واما الدولاب المسمى ميل يونيه الذى على هيئة النول الذى تقدم ذكره
فى الدرس الثانى فان السحب فيه ليس مقصورا على مجرد سرعة الجلب بل يكون
ايضا على حسب تقريب المغازل التى يلتف عليها الخيط وابعادها على

التعاقب من الشاندرات فاذا تابعت المغازل عنها كانت الخيوط مسجوبة
بخطاف ما اذا قربت فانها تلتفت عليها ويحصل برمهامتي بلغت المغازل نهاية
سيرها .

ولادولاب الغزل الغليظ من المغازل ١٠٨ بخلاف دولاب الغزل الرفيع
فان له ٢١٦ مغزلا يديرها علم الدولاب ويكون بمعينه مساعدان من
الوصالين لاجل ملاحظتها

فعلى هذا يكفي ثلاثة اشخاص لعمل عدة خيوط كانت قبل ذلك تستدعي
٢١٦ غزاة تغزل بالمغزل او الدولاب ويتصل كل خيط في اقل مما كان
يستغرقه البرم باصابع الغزاة فهذه هي القائدة العظيمة الناشئة عن عمليات
الهندسة في صناعة جلة خيوط اسطوانية متحدة القطر اتحادا تاما من
الالياف النباتية التي على شكل الحززون

ويعلم التلامذة هذه العمليات اما باطلاعهم على الدواليب العادية او على
دواليب الغزل التي على هيئة الانوال اذا امكن ذلك

ثم ان الحرير عند تولده من الدودة يكون مثنيا بصورة حززون على سطح دوران
يسمى بجوز القز واول عملية فيه يكون الغرض منها امتداد خيوط جوز القز
المذكور وطيها على مكبة ثم يبرم يسيرا عند طيه على المكبة الثانية فاذا تم عمل
الخيوط بهذه الطريقة فانها تبرم من جهتها الاولى بحيث ان جميع النقط التي
كانت قبل البرم على هيئة خط مستقيم فوق سطح الاسطوان تصير على
صورة شكل حزوزي ثم تجمع هذه الخيوط مثنى وثلاث ورباع مع برمهاتان
على عكس البرمة الاولى وبهذه البرمة الثانية ينصل جزء من الاولى وتنتهي
الخيوط على صورة شكل حزوزي بجوار بعضها ويسمى الحرير في هذه الحالة
باسم الحرير المبروم

ثم ان العملية التي ذكرناها اثنان شبه العملية التي ينبغي اجراؤها في صناعة
الحبال المتخذة من التيل

فبواسطة برمين مختلفين تستداجز كل خيط في جهة حتى ان الخيوط المنتنية

على شكل حارونى تستند في جهة مخالفة للاولى وينتج عن التعادل الحاصل بين البومين المذكورين ان الخيوط باقواعها لا تفصل كثيرا عند الضغط عليها بقوة اخرى عارضة ولا يمكن أن أبسط الكلام هنا في هذا الشأن لتعلقه بالعلوم الميكانيكية وخروجه عن الاصول الهندسية

ويصنع من التيل حبال رقيقة يقال لها فلاصة يبرم ~~ص~~كل منها على حدة في جهة واحدة ثم تبرم عدة منها معا في الجهة المقابلة للاولى ليتكون منها حبال بسيطة تسمى بتوكا وبعد ذلك يبرم منها اثنان او ثلاثة او اربعة في الجهة المقابلة للثانية اهني في نفس جهة يرم الحبال الاول الرقيقة ليتكون منها ما يسمى بالكر دونه ثم تبرم هذه الكر دونات في الجهة الثانية ثلاث او رباع ليصنع منها ما يسمى بالغومنة ثم تبرم هذه الغومونات ثلاث او رباع ايضا ليصنع منها ما يسمى بالغومونات الكبيرة

وتبرم قلوب الغلايين وتصنع من الغومونات وكذلك الراجع وحبال المنورات الحاربية في السفن فانهما تصنع من حبال الكر دونه

وقد ابتدع الانكليز طرقا دقيقة لطيفة في اجراء عملية قتل الخيط والحبال بواسطة آلات ودواليب وقد نتج عن الانتظام الهندسي الحاصل في حركات هذه الآلات ثمرات عظيمة فان هذه العملية المستكملة يكفي فيها التحصيل القوة الاولى ثلث المواد التي كانت تلزم لغيرها من العمليات السابقة بل واقل من الثلث وهذا على حسب غلظ الحبال ونوعها وما ذكرناه كاف في بيان ما ترتب على تبديل العمليات التي كانت ببعض اليد وكانت ثمرتها انما تحصل بالصدفة والاتفاق بطرق علمية من الفوائد المحققة الجسيمة والثمرات العظيمة

وعلى ارباب معامل الحبال ان يبذلوا جهدهم في مطالعة كتب علمية تتعلق بهذه الطرق الجديدة التي من فوائدها تقليل المصاريف والعمل وحصول ثمرات اتم والنجاح عما كان سابقا من سائر الوجوه (راجع الجلد الثاني عند ذكر الآلات

وهذا وان الكلام على انواع السطوح المعوجة المستعملة كثيرا في العمارات

المدنية والبحرية وكذلك في تركيب الآلات ولا تعرض من ذلك الا لبيان
السطوح الحزونية المتولدة من حركة خط مستقيم او قوس اى دائرة
كانت

(بيان السطوح الحزونية المستعملة في السلام)

من السطوح المختلفة المعوجة التي سبق ايضا حها في الدرس العاشر
السطوح التي تكون على صورتها السلام المنعطفة الدائرة وهي السطوح
الحزونية

فقد يكون السطح الحزوني من السلم الذي دورته مستديرة متكونا من حركة خط
مستقيم افقى مستندا على طرفيه على محور الدائرة المستعمل حنية للسلم
والطرف الاخر منه مستند على سطر من رسوم على حسب المحيط الداخلى
من الدائرة

فاذا كان ارتفاع درج السلم واحدا كان عرضها بالضرورة واحدا متساويا
البعد من المركز على ذلك اذا كان ا ب ث (شكل ١٤) هو الدائرة
الدالة على قاعدة الاسطوانة التي هي حنية السلم فان كل دائرة مرسومة من
مركز واحد كالاولى تقسم الى اجزاء متساوية بالمسقط الافقى لدرج السلام

(بيان السطح الحزوني لبريمة المهندس ارشيدس)

سطح السلم الحزوني الذي على هيئة دورة مستديرة هو عين بريمة ارشيدس
وانما سميت بذلك لان هذا المهندس الماهر هو الذى اخترعها وسبقين مع
مزيد الاعتناء العملية التي اجريت في شأن هذه البريمة لرفع المياه عند كراآت
رفع المياه (راجع الجلد الثالث)

وقد انتهزت الفرصة في صناعة بريمات ارشيدس من الخشب وهما
الطرق التي استعملتها في ذلك

وحاصلها اني قسمت اولا محيط ا ب ك (شكل ١٩) الى عدة اجزاء
متساوية بقدر قطع الخشب التي اردت استعمالها في صناعة دور كامل من
الشكل الحزوني

ثم قطعت مناشير مربعة قاعدتها و د ث وهي قطاع الدائرة الدان على احد
الاجزاء المتساوية المصنوعة بالطريقة السابقة على الوجه الاسطوانى الذى
مسقطه الافقى د ث ومددت خطا مستقيما مثلا في اتجاه الخط البرمى
الذى يرسمه السطح الحازوى على اسطوانة ا ب ث د

وسميت نصفي القطر اللذين هما و د و و ث الى اجزاء متساوية
وهي د د و د د الخ و ث ث و ث ث الخ ثم نشرت بمنشار ثابت
دائما على بعد واحد من قطعتي ث و د قطعة الخشب المربعة بحيث
ان خط المنشار ينتهي الى نقطة د على القاعدة العليا من القطعة المذكورة
مضى انتهى ذلك الخط الى نقطة ث على القاعدة السفلى وان الخط المذكور
ينتهي ايضا الى د و د على القاعدة العليا متى انتهى هذا الخط الى
نقطة ث و ث على القاعدة السفلى فيكون كل من خطي المنشار ضلعا
للمضلع الذى هو محيط المبنى الحازوى المرسوم على السطح الحازوى المطلوب
تحصيله

وازلت على التوالي الاخشاب الزائدة بفارة رقيقة جدا سلاحيها مستدير
وثابتة دائما على وضع افقى ولا تقف الاعلى من المنشار المذكور في ث د
وعلى الخط القائم في نقطة و لتصل الى السطح الحازوى الاعلى من برجة
المهندس ارشيدس

وبعد ذلك وضعت في جميع الجهات اوجه الالتحام على وجه عمودى
في و د و و ث مع الوجه الاعلا ثم مددت على اوجه الالتحام
وعلى محيط ث د خطوطا مستقيمة متساوية من اسفل الخطوط التى تقعد
الوجه الاعلى من البرجة الى اعلاها وبذلك امكننى عمل الوجه الاسفل
بواسطة الطرق التى استعملتها في عمل الوجه الاعلا

ولنبه هنا على ان المسطرة المثنية بلا قوة على محيط ا ب ث الاسطوانى
بحيث تقرب تقطعتي ث و د ترسم بواسطة محيطها قوسا كاملا من الخط

الحلزوني ومن البريمي وذلك هو الواسطة في ضبط الطريقة التقريرية التي سبق ذكرها ضبطاً تاماً ولا بد في ذلك من ان تشر بالمشاركثيراً من الخطوط الاقضية التي تنتهي من جهة عند محور $و$ ومن اخرى عند الخط البريمي المرسوم بالمسطرة المثنية

ويبقى لنا التنبيه على ان الالتحامات المصنوعة على وجه عودي مع السطح الحلزوني هي في حد ذاتها مبادئ السطح الحلزوني وعلى ان السطوح الاخيرة ترمم على الاسطوانة ذات القاعدة المستديرة خطوطاً بريمية تقطع الخطوط البريمية التي رسمتها السطوح الاولى الى زاوية واحدة

واذا اريد ان اعلى القطع التي يتركب منها القلبة الحلزونية يكون له شكل كشكل السلم لزم ان يبقى الوجه الاعلا وهو $و ش د$ على شكله المستوي الافقي والوجه المستقيم الخارجي وهو $و د$ على شكله المستوي القائم وهذا اذا اقتصرنا على عمل سطوح الالتحام و سطح السلم الداخلي بالطرق التي ذكرناها (راجع الدرس العاشر)

وفي الغالب عوضاً عن ان نصنع سلماً من عطفادائر درجته نصل الى حنية $و$ المصنعة (شكل ١٤) فنحدد درجته في دائرة $ا س ت$ (شكل ١٥) التي تدل في صورة ما اذا كانت اقضية على حدود من الخشب او الحجر بارزة من اعلا واسفل كل درجة وهي السلالم المتخذة من البريمات المثيرة ويستحسن من هذا النوع عدة سلالم مصنوعة مع غاية الضبط في القهاوى الطريفة الموجودة بمدينة باريس وتلك السلالم التي لا مستند لها في الظاهر تدعش عقل الناظر بما هي عليه من الثبات والخفة

وهناك سلالم منيرة كافي شكل ١٦ ليست مستديرة الحنيات وايما كانت قاعدة $ا ب ش د$ (سيأتي ما يفيد ان هذا الحرف الموضوع تحت الدال يدل على ان هذه القاعدة اقضية) من الاسطوانة التي هي حنية السلالم ترمم دائماً على محيط هذه الحنية خطاً بريمياً حلزونياً يتقدم جهة

محيط أ ب ث د قدما يناسب الكمية التي يرتفع بها ذلك الخط
على وجه قائم ثم نمد من ك كل نقطة من هذا الخطى خطوطا اقبية كخط
ا ب ر و ث د الخ وعمودية على الاسطوانة التي قاعدتها
أ ب ث د ثم نجعل ا ا مساويا ب ب ومساويا ث ث

وهلم جرا ونرسم ا ب د الذي هو خط حلزوني ايضا وهو المحيط
الداخلي للبريمة المثيرة الحادثة عن السلم ولا تزيد الصعوبة في صناعة كل جزء
من السطح الحلزوني او السلم عما في (شكل ١٤ و ١٥)

واذا اريد ان نجعل للسلم صلابة متينة فانه في الغالب عوضا عن ان نرسم السطح
الاسفل بواسطة خط مستقيم افقي مستند على محور حنية السلم وعلى شكل
حلزوني مرسوم على طول الحنية ومنتكبي عليهما معا فنحدد هذا السطح
في الغالب بقوس دائرة كافي شكل ١٧ قطرها الخط الافقي المذكور
الموضوع في مستو قائم فيحدث عن هذه الكيفية سطح حلزوني ثابت
القطع من جميع جهاته

وفي بعض القنون يلزم ان تفصل سطوحا حلزونية الشكل بدرجة على مخروط
فالساكناتية يضيفون الى الاسطوانة او الملف الذي يحتوي على زنبلك
الساعات مخروطا. فصلا بهذا الوجه على شكل سلم حلزوني كافي شكل ١٨
ويلقون سلسلة رفيعة مصنوعة صناعة جيدة من احد طرفيها على
الاسطوانة بحيث تكون على خط بريجي ومن الطرف الاخر على السلم المخروطي
فتعادل النسبة المختلفة التي بين قطر الاسطوانة وقطر المخروط في ارتفاعات
مختلفة تقصا قوة الزنبك عند حله وبناء على ذلك ينتقل تأثيره بقوة لا تتغير
وميا في ذلك مزيد توضيح عند الكلام على قواعد الآلات راجع الجلد الثاني
من هذا الكتاب

(الدرس الثالث عشر)

* (في بيان تقاطع السطوح) *

اذا تقاطع سطحان فان جملة التماماتما المشتركة بينهما تسمى تقاطع السطحين وهو اما خط مستقيم او منحني على حسب شكل السطحين او وضعهما ثم ان الاجسام التي تعينها اجزاء السطوح المناسبة في شكلها واتجاهها تحدث في حدود هذه السطوح خطوطا بارزة او داخلية وهي تقاطع السطوح المذكورة فكلما كانت الاضلاع القائمة من المنشور والهرم التي تفصل الواجه المختلفة فيما هي تقاطع السطوح الحادثة من الواجهة المذكورة

واما اذا قطع جسم جسم آخر او كان مغروسا فيه فان جزء سطح الجسم الاول يكون داخل في الثاني ويكون ذلك الجزء الداخل منفصلا عن الجزء البارز بخط وهذا الخط ليس التقاطع سطح الجسم الاول والثاني

مثلا (شكل ١) قد يكون منشوري أ ب ث د ارثو و م ن ح خ وم د ح غ اللذين يقطع احدهما الآخر خط تقاطع وهو محيط م د ح غ الذي يفصل الجزء البارز من الجزء الداخل في الجسم الثاني

وفي الهندسة الوصفية من القواعد السهلة ما يمكن في تعيين المسقط الافقي والمسقط القائم من تقاطع السطوح فينبغي للانسان ان يعنى بمطالعة تلك القواعد حتى يكون له قدرة على رسم تقاطع جملة من السطوح ولتقتصر في هذا الغرض على ايضاح زيد هذا العلم مبتدئين بذكر تقاطع المستويات فنقول

انه لاجل بيان تقاطع سطحى المسقط اللذين احدهما قائم والاخر افقي تقسم الورة الى قسمين بخط أ ب الافقي (شكل ٢) فالقسم الذي يكون في اعلاه هذا الخط يدل على المستوى القائم من المسقط والقسم الاسفل يدل على المستوى الافقي منه وهذا المستوى الاخير يكون في العادة مستوى الارض ومن ثم يسمى العامة تقاطع السطحين الذي هو أ ب بخط الارض

ولكى يصير الرسم تاما ينبغي ان تنقش الورقة ثانيا عموديا فيكون خط \overline{AB} عبارة عن اتجاه الالتئام ويصير الجزء الاسفل من الورقة اقصيا والجزء الاعلا قائما ولا اقل من ان يلاحظ الانسان ذلك ذهنا ويدركه بدهاة حين يرسم على المستويين المذكورين اجساما معلومة الوضع فمن ثم نرى تحت خط الارض مستوى العمارة وفوقه ارتفاعها مع ابوابها وشبابيكها وهلم جرا ومع كون الورقة المذكورة التي يرسم عليها المستوى والارتفاع المذكور موضوعة على طاولة اقفية فترض ان العمارة مرتفعة وانها قائمة وكذلك في صورة العكس وهي ان يكون رسم العمارة قائما بان يسر على حائط فان المستوى يكون اقفيا ايضا اذا كانت الاشياء المرسومة عليه روضة صغيرة او بستانا او نحو ذلك وينبغي ان يعاين التسامد حقيقة المسقط الافقي والقائم للجوهر والسطوح والخطوط البسيطة المرسومة فوق خط الارض او تحته ليسعوا ذلك على مقتضى ما عاينوه

ولاجل تعيين موضع اى نقطة توجد خارج مستوى المسقط نمد من تلك النقطة خطين مستقيمين احدهما عمود على المستوى القائم والاخر عمود على المستوى الافقي ثم نعين وضع موقع هذين العمودين على مستوى المسقط واذا اردنا اختصار طريقة الرسم وسهولة ادراكها وفرضنا ان نقطة \overline{C} هي النقطة الموضوعة في الفراغ المراد رسمها فاثنا كنى بنقطة \overline{C} (شكل ٢) عن مسقطها القائم بنقطة \overline{C} عن مسقطها الافقي واعلم ان هذين الحرفين وهما \overline{C} و \overline{F} الموضوعين في اسفل حرف واحد او عدة حروف يدل احدهما وهو القاف على المسقط القائم والاخر وهو الفاء على المسقط الافقي للنقط والخطوط والسطوح والجوهر الرموز اليها عند الرسم بهذين الحرفين

ولنقر من نقطة \overline{C} (شكل ٢ و ٢ مكرر) الموضوعة في الفراغ بمستوى

عمودي على خط الارض الذي هو \overline{AB} فيصير بذلك عموديا على مستوى
المسقط فيكون حينئذ مشتركا على العمودين النازلين من نقطة \overline{C}
احدهما على مستوى المسقط القائم والآخر على مستوى المسقط الافقي فاذا
رسمنا مستقيلا كافي (شكل ٢ مكرر) وكانت اضلاعه هذين العمودين
وهما \overline{CH} و \overline{CH} اللذان هما تقاطع المستوى المحتوي عليهما مع

المستوى القائم والمستوى الافقي فحصل معنا $\overline{CH} = \overline{CH}$ و \overline{MH}
 $= \overline{CH}$ وبالجمله فاذا ادركنا مستوى المسقط الافقي لينطبق على الورقة

المشتركة على المستوى القائم فانه في هذه الحركة لا يزال \overline{MH} و \overline{MH}

عمودين على خط تقاطع مستويي المسقط وهو \overline{AM} وحينئذ لاجل
ان يكون كل من تقاطعي \overline{CH} و \overline{CH} (شكل ٢) مسقطا قائما ومسقطا

افقيا للنقطة واحدة على التناظر ينبغي ان يكون مستقيم \overline{CH} و \overline{CH}

عمودا على خط الارض المتقدم وهو \overline{AB}

ثم ان جزء \overline{MH} من هذا العمود هو البعدين نقطة \overline{CH} والمستوى

الافقي وجزء \overline{MH} هو البعدين نقطة \overline{CH} والمستوى القائم

(بيان مسقطي الخط المستقيم)

اذا حدث عن تسلسل عدة نقط خط مستقيم مثل \overline{CH} فان سائر

الاعمدات النازلة من النقطة المذكورة على كل من مستويي المسقط يحدث عنها

مستوئالت يقطع كل من المستويين المذكورين في خط مستقيم فاذا كان

هنالك مسقطان مثل \overline{CH} و \overline{CH} (شكل ٣) لهما بقى مستقيم

\overline{CH} فبان اتصال تقاطعي \overline{CH} و \overline{CH} بخط مستقيم يحصل

معنا مسقطا الخط المستقيم الذي هو \overline{CH} وهما حادثان عن تقاطع

المستويات

ولاجل رسم مستويا بطريقة المساقط ينبغي ساولن طريقا اخرى
وحاصلها ان المستوى المطلوب رسمه يقطع كلا من مستويي المسقط على حدته
في خط مستقيم ويقطعهما معا في نقطة م (شكل ٤) الموضوع على
خط الارض ويطلق اسم اثر مستوى ح م ح على تقاطعيه وهما
ح م و م ح بمستويي المسقط
ويكون وضع المستوى محددات تحديد تاما بوضع خطين مستقيمين يحتوي
عليهما فاذا ن يكون اثر المستوى كافيين في معرفة وضعه

ولنفرض الآن ان المطلوب تحصيل المسقط القائم المشار اليه بحرف ح

(شكل ٤) لنقطة ما كنقطة ح الموضوع على مستوى ح م ح
معي عرفنا المسقط الافقي وهو ح لهذه النقطة فيكون اولا مسقطا ح

و ح لنقطة ح موضوعين ضرورة على خط عمودي على خط الارض

فاذا مددناه ورسمنا من نقطة ح على مستوى ح م ح خطا اقويا
كان موازيا لاثر ح م الافقي فيثبت ويكون مسقطه وهو ح م موازيا

لمسقط ح م الان نقطة م الموضوع على خط الارض وهو ام ب

لا تتسبب الان نقطة م الموضوع على مستوى المسقط القائم فاذا ن يكون

خط م م العمودي على اب محتويا على نقطة م التي مسقطها

الافقي م وهذه النقطة موضوعة على اثر م ح فاذا ن تكون في نقطة

م فاذا مددنا خط م ح موازيا لخط ام ب فانه يبين على المستوى

القائم مسقط م ح وحيث ن يكون المسقط القائم من نقطة ح موجودا

في ان واحد على م ح وعلى ح ح فاذا ن يكون في نقطة ح التي

هي تقاطع الخطين المستقيمين المذكورين وبناء على ذلك تكون نقطة $ح$

هي المسقط القائم من نقطة مسقطها الأفقي $ح$

فأذا فرضنا ان اثار $مح$ و $مخ$ و $ض$ و $ض ط$ للمستويين
(شكل ٥) معلومة وكان المطلوب معرفة تقاطع المستويين المذكورين
نقول اولاً حيث ان نقطة $د$ مشتركة بين الاثرين القائمين فانها تنسب

للتقاطع المذكور وحيث انها موضوعة على المستوى القائم فانها تسقط
في نقطة $د$ على خط الارض الذي هو $أ ب$ وثانياً حيث ان نقطة $هـ$

مشتركة بين الاثرين الاقيين فانها تنسب لتقاطع المستويين المذكورين
وحيث انها موضوعة على المستوى الأفقي فان مسقطها القائم وهو $هـ$

يكون موضوعة على خط الارض المذكور فتحصل حينئذ نقطتان الخط
المستقيم الذي يتقاطع فيه المستويان المذكوران وهما اولاً نقطة

$د$ وثانياً نقطة $هـ$ وبناء على ذلك يكون مسقطا الخط
المستقيم الذي ينسب اليه النقطتان المذكورتان هما مستقيماً $د هـ$

و هذا هو خط التقاطع المطلوب

(بيان مسقطي كثير الاضلاع)

يكون مسطاً كثيراً اضلاع $أ ب ث د هـ$ (شكل ٦) المحدود

بخطوط مستقيمة مضامين عدد اضلاعها واحد وهما $أ ب ث د هـ$

الذان رأساهما المتقابلان موضوعان على خطوط $أ أ$

و $ب ب$ القائمة

وحيث ان تقاطع المستويين يكون دائماً خطاً مستقيماً مسطاً مستقيماً
ايضاً ينتج ان الجسم المحدود باوجه مستوية يكون كذلك محدداً باضلاع

مستقيمة وهي تقاطع الواجهة المذكورة في هذا الجسم بان ترسم على الورقة الخطوط المستقيمة التي هي مساقط كل ضلع فتكون الرؤس التي تحددها كل ضلع موضوعة على قائم واحد في مستوي المسقط

فلذا كان هرم ض ا ب ث (شكل ٧) مرسوما على وجه افق وقائم

بمساقط اضلاعه وكانت الرؤس المتناظرة موضوعة في نقطة ض ض

ا ا ب ب ث ث على مستقيمتين ض ض و و
و و و و و و و و و و و و و و و و
و و و و و و و و و و و و و و و و
 هو م ن

ثم ان الهندسة الوصفية تفيدنا بواسطة تقاطع المستويات والخطوط المستقيمة تحديد طول الخط المستقيم العلوم المسطتين ومسطح شكل مستو معلوم بمسقطي محيطه والزوايا المتألفة من خطين مستقيمين مسقطاهما معلومان والزوايا المتألفة من المستويين المعلوم اثرهما الاقيان والقائمان واقصر بعد بين الخطين المستقيمين المعلومين بمسقطيهما والزوايا التي تحدث عن خط مستقيم معلوم بمسقطيه ومستو معلوم باثريه وهلم جرا وينبغي في دروس رسم الخطوط ان نوقف التلامذة على حل تلك المسائل

وبواسطة حل المسائل المذكورة يمكن للصناعية اجراء جملة عمليات في القنون المهمة جدا كالبناء وقطع الاحجار وفتح التجارة المدنية وعمارة السفن والالات والحرف وغيرها

ويمكنكم زيادة على رسم المستويات الاقية والمناسقات القائمة للعمارات والسفن والالات ونحو ذلك ان يصنعوا مع السهولة من هذه الاشياء قطعها بواسطة اي مستو كان ويحدث عن مستوى هذا القطع عند ملاقاته لخطوط مستقيمة مرسومة بمساقطها الاقية والقائمة نقط وزوايا يمكن تحديدها ويكون تقاطع المستويات المتنوعة المعلومة بانوارها مع مستوى القطع خطا مستقيما ويبين التلامذة هذه الخطوط المستقيمة ويرسمون رسما تاما بجميع اجزاء

العمارة التي ليست مركبة من عدة خطوط مضمينة
مثلا يرسم النجار مع الدقة سائر اجزاء اخشاب الارضية والسقف المستوي
فيحصل عنده بواسطة القصول والقطوع اشكال وابعاد كل قطعة من
الخشب مثل الكتلة والبرطوم والمربوعة ونحو ذلك وتكون هذه القطع محددة
بأوجه مستوية وباضلاع مستقيمة ويرسم مساقط الاضلاع المذكورة
فتتلاقق القطع المختلفة المذكورة ببعضها وتكون الخطوط الدالة على وضع
التلاصق هي تقاطع الواجه المستوية من قطع الخشب المتصمة ثم يحدد
التقاطعات المذكورة بواسطة الطرق السهلة التي ذكرناها آنفا بحيث ان اوجه
قطع الخشبية كلها ليست قائمة الزوايا لزمه ان يقيس الزوايا المتألفة من الواجه
المختلفة من قطعة واحدة والواجه المتناظر من عدة قطع متلاصقة ويصن
عن انحاء كل وجه من هذه القطع وطوله وعرضه

فاذا سلك النجار الماهر على هذا المنوال من غير ان يتردد فيه فانه يصل
بواسطة المساقط والقطوع الى تحديد جميع الاجزاء المستقيمة من خشبية
اي عمارة كانت

ومن هنا يعلم ان النجار الماهر الذي يرسم مع الفطنة والدقة كل قطعة من قطع
الخشبيات ويرسم مجموعها دائرة واسعة في المعارف الهندسية وليس بلازم
ان يسمى الخطوط والسطوح والجسمات بالامماء المصطلح عليها عند
المهندسين المقررة في كتبهم بل يكفي ان تكون القواعد العلمية على حالة واحدة
بدون اعتبار للاصطلاحات الطارئة في شأنها فان العلم اذا تعاطاه الناس
باللغة الدارجة بينهم لا تقل بذلك منفعتة ولا يتقص قدره

ويمكن ان نطبق الملاحظات التي ذكرناها في شأن معارف النجار على معارف
نحات الاجار فنقول انه يلزم لنحات الاجار ان يجهز الاجار الاصلي التي تتركب
منها العمارة المراد انشاؤها مع الضبط على اي شكل كان بحيث يتحصل عن تلك
الاجار اذا وضعت متلاصقة او بعضها فوق بعض مع الاستظام التام واثباته
والصلابة الاشكال التي عينها المعمرجو بمسوياتها وارتفاعاتها وعند انتهاء

المساقط الأفقية والقائمة يقسم الجدران بعدة مستويات قاطعة فيكون
حيث تشكل اجزاء الدستور محددات اولاً بالوجه الخارجية والداخلية
للجدران وثانياً بالمستويات القاطعة التي يطلق عليها اسم مستويات
الاتحام لانه بحسب هذه المستويات تلحم الاجزاء المذكورة ببعضها

ويسمى رسم اجزاء الدستور المعدة للاسوار المنتصبة العادية حيث انها على
هيئة اشكال متوازية السطوح اوجوها المتلاصقة عمودية واضلاعها المتقابلة
متوازية لكن اذا كان في الجدران ميل وحدث عنها زوايا غير قائمة لزم ان يكون
لمحمت الاجزاء على صورة اشكال ادق وامع من الاولى وان تحدّد الزوايا التي
تحدث عن الواجهة المائلة مع الواجهة افقية وكذلك زوايا الاضلاع التي على
استقامة السور فتحدد مع الاضلاع التي على اتجاه السور الملاصقة له وهكذا
ويلزم في الغالب ان اعلا الابواب والشبابيك وان كان مستويا يكون مصنوعاً
من عدة اجزاء متلاصقة اعلاها اعرض من اسفلها لتلافيضيها تحملها الى
السقوط ويلزم ايضا بعد ذلك تحديد زوايا اضلاع الاجزاء واوجوها وابعادها
وغير ذلك وتحل هذه المسائل بطرق تقاطع السطوح

ويلزم أن نعلم التلامذة المحدثين لبناء العمارات وهندسة الابنية ورسمها قطع
ارانيك القباب والابواب والشبابيك والاسلام وغير ذلك من الجسر على ابعاد
متناسبة بان يجعلوا لكل حجر من الاشكال ما يلائمه ويحددوا الضام كل حجر
واضلاعه على وجه هندسي وهذا هو غاية ما يمكن ان نوصي به من يمارس هذه
العملية ومن المرغوب انه عند تعليمها تنظم الخطوط المراد قطعها على حسب
تنظيم السطوح المستوية والاسطوانية والمخروطية والمنتشرة والموجبة
والدورانية وغير ذلك من السطوح التي استحسن وضعها في هذا الكتاب ويلزم
ايضاً تعليمهم كيفية قطع ارانيك التجارة لتقية وغيرها كتعليمهم ارانيك قطع
الاجزاء وهذه الطريقة بصيرة التعليم كثير الافادة واسرع من غيره

(بيان تقاطع الخطوط المستقيمة والمستويات)

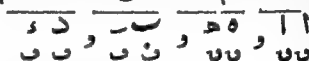
(مع السطوح المخفية)

سيأتي الكلام على هذه السطوح في مجعها وانما تكلم هنا بالترتيب على تقاطع الخط المستقيم والمستوى مع السطوح الاسطوانية والمخروطية والمنشطرة والمعوجة وسطوح الدوران وغير ذلك فنقول

(بيان كيفية رسم مسقطي الاسطوانة)

لاجل تحصيل هذين المسقطين يرسم على احدى مستويي المسقط كالمستوى الافقي مثلاً اثر الاسطوانة المذكورة اي تقاطعها مع المستوى المذكور ولا يخفى انه اذا كانت جميع اضلاع الاسطوانة متوازية تكون مساقطها بالضرورة متوازية فبمجرد تحديد اتجاه \overline{AB} و \overline{CD} لمسقطي

اي ضلع كان (شكل ٩) ينتج لنا اتجاه مساقط الاضلاع الاخرى ويكتفى عادة في رسم المسقط الافقي والمسقط القائم ببيان الاضلاع المتطرفة وهي



(بيان تقاطع الاسطوانة مع المستوى)

اذ اعلم اثر المستوى ومسقطا الخط المستقيم علمت كيفية تحديد تقاطع الخط المستقيم المستوي واذا اجرئت العملية في شأن الاضلاع المختلفة من الاسطوانة حدث عن كل ضلع نقطة التقاطع التي تسقط على وجهه افقي ومنتصب ويتألف عن مجموع هذه النقاط خط منحن افقي وخط منحن قائم وهما مسقطا خط التقاطع المطلوب

واما عمليات القنون فالغالب فيها ان يرسم التقاطع على نفس السطوح بوضعها في مقابلة بعضها ولنفرض ان تكون الاسطوانة (شكل ١٠) انبوبة وجا ق شكلها اسطوانى وان يكون المستوى لوحاً من صفائح الحديد تقطعه الانبوبة فضع تلك الانبوبة في نفس الاتجاه الذي يلزم لها ولكن تؤخرها على قدر الكفاية حتى لا تمس المستوى الذي تقطعه وبعد ذلك تأخذ مسطرة وتجعلها مقابلة للاسطوانة على حسب اتجاه اضلاع هذا السطح ثم تنقدها وتؤخرها حتى يمر احد طرفيها لوح الصفيح وبالجملة فتبين لكل

من اوضاع هذه المسطرة اتصاله باللوح المذكور فيكون مجموع التقاطع المعينة على هذا الوجه هو منحنى تقاطع السطحين اى الانبوية ولوح الصفيح ولنفرض انه يؤخذ على المسطرة طول ثابت مناسب ابتداءً ومن الطرف الذى يمس دأماً لوح الصفيح ونعين نقطة اخرى على الاسطوانة او الانبوية مقابلة للطرف المذكور فيحدث عن تسلسل النقاط الجديدة المرسومة بهذه الكيفية خط منحنى وهو خط تقاطع الاسطوانة مع المستوى ولننتقل مع التوازي لوح الصفيح او الاسطوانة فينتطبق بمقتضى تساوى المتوازيات الموجودة بين خطين متوازيين المنحنيان المرسومان احدهما على المستوى والاخر على الاسطوانة على بعضهما انطباقاً كاملاً ويتميزان معا بعد رسم هذين المنحنيين تقاطع بحسب محيطهما الاسطوانة والمستوى او هما معا على حسب الغرض المقصود من هذا السطوح

وهذه الكيفية ارجح من غيرها لضبطها وصحتها مهما كان شكل الاسطوانة ولو كان لوح الصفيح على شكل منحنى عوضاً عن ان يكون على شكل مستو

(بيان اجراء العملية فى انشاء السطح)

يستعمل التجارون هذه الكيفية فى رسم منحنى تقاطع سطح مقدم السفينة وسطح طقاتها مع سطح الصواري وفى ثقب بكرات الصاري

(بيان اجراء عملية تقاطع الاسطوانة مع الظلال)

اذا قطع السطح المحدد باضلاع متينة اشعة ضوء الشمس ومد من كل نقطة من محيط هذا السطح خط مواز لاشعة الشمسية حدثت عن جميع المتوازيات اسطوانة تفصل سطح المذكور الجزء المظل من الجزء المضيء فاذا كان خلف الاسطوانة جسم حال بتمامه فى هذا الظل فان الشمس تكون مخفية بالكلية ومحبوبة بالسطح الذى يحصل عنه الظل بخلاف ما اذا كان جزء فقط من هذا الجسم فى الظل واريد تحديد تقاطع سطح الجسم مع الاسطوانة فان المنحنى المحدد بهذا الوجه يفصل على الجسم الجزء المظل من الجزء المضيء وبذلك

يتحصل

يتمحصل معنا خط اتصال الظل والضوء على الجسم المظلم بواسطة منحنى تقاطع سطح هذا الجسم مع الاسطوانة التي تعين في الفراغ حيد الاشعة الشمسية المحبوبة بالسطح المظلم

ولناخذ مسطرة ونجعلها موازية دائماً لاشعة الشمسية ثم نضعها من احدى جهتيها على السطح الذي يحصل عنه الظل ومن الاخرى على الجسم المضيء برؤفه في رسم كل وضع من المسطرة نقطة على الجسم المتقدم ويصير اجتماع النقط المرسومة على هذا الوجه هو خط اتصال بين الظل والضوء

ولا بد ان يكون للرسمين والمصورين والخطائين المام تام بالاسطوانة التي يخرج منها ظلال الاجسام ومما لا بد منه ايضا ان يعينوا بواسطة طرق مساطة السطوح وتقاطعا صورة ظلال عدة اجسام مختلفة الوضع والصورة على اجسام اخر متنوعة الصور والاوزاع فبذلك يكسبون عملية مضبوطة صحيحة في شأن تأثير ضوء الشمس الخاص بشكل الظلال ومعرفتهم لهذه العملية تمنعهم غالباً من الوقوع في الخطا الفاحش الذي يمكنهم اجتنابه اذا كان لهم ادنى الملم بالهندسة التي لها دخل في فنونهم

ويلزم ضبط الظلال لاسيما في رسم البناء الذي يكون فيه لساير الاجسام المرسومة كالاسوار والاعدة والقبب والقبوان اشكال هندسية دقيقة فيلزم اذن للمعمري الذي يريد رسم ظل مستوياته ليعرف تأثير الظل والضوء اللذين يحدان عن مبانيه أن يتعود على تحديد سائر الظلال مع الدقة التامة

ونقرض في رسم العمارات ورسم الآلات ان الاشعة الشمسية تكون مائلة بمقدار ٤٥ عند نزولها من اليسار الى اليمين ومتى رجعت الاجسام بالخط دون البوية عينا بشرطات غليظة المحيطات المتصلة بالابوجه الموضوعه في الظل وعينا ايضا بشرطات رقيقة المحيطات الفاصلة بين الابوجه المضئ وهذه الاشارة تكفي في التمييز بين هذه الاشكال المحدبة والمجوفة ولولاها لاتبست ببعضها عند رؤيتها رجحاً بالخط

خلفا كان مجرد اختبار الاضلاع المظلة والاضلاع المضيئة (شكل ١١)
يدرك ان في **أ ب ث د** بروازا محمد با وفي **أ ب ث د** بروازا محمودا
ومما لا بد منه للتلاميذة الذين يرسمون العمارات والآلات ان يتعودوا مع
القشاطر على تعيين الخطوط الرفيعة والخطوط الغليظة لانه عند امتزاجها
ي بعضها لتلبس الاشكال المحدبة بالاشكال المجعوفة وبالعكس

*** (بيان اجراء العملية في علم المنظر) ***

اذا اريد رسم نطل عمار من بعد فانه ينبغي تعيين نقطة اجتماع سائر الاشعة
التوازية بمقتضى الطريقة العامة المذكورة في الدرس التاسع المتعلقة بنقط
الاجتماع فبمجرد ما يتحصل معنا منظر اى نقطة ينتج بوصل تلك النقطة على
اللوحة بنقطة اجتماع الاشعة الشمسية منظر الشعاع المار بالنقطة المفروضة
واذا كانت النقطة المذكورة مظلة فانه ينتج منظر ظليها وقد يكون ظل الخط
المخفى المنظور من بعيد جملة خطوط مستقيمة تنتهى كلها بنقط الاجتماع
كاضلاع الخروط

*** (بيان تقاطع الخروط والمستوى) ***

هذه التقاطعات المهمة بالقطوع الخروطية لها في صورة ما اذا كان الخروط
مستديرا او مائلا او قائما اهمية عظيمة جدا في العلوم والفنون ولها في الهندسة
مبحث مستقل مهم كبحث المثلثات ويعتبر كانه سلم يتوصل به من مبادئ
الهندسة الى مطولاتها

ولا يليق بهذا البحث ان تعرض ليعسط الكلام على اصول اشكال القطوع
الخروطية وتطبيقاتها الاصلية وانما نذكر في ذلك مسلكا لا يجازف نقول
نعين المساقط الاقمية والقائمة لتقاطع الخروط بالمستوى كما فعل ذلك
في الاسطوانة وذلك بان نعين المسقط الافقي والقائم لتقاطع هذا المستوى بكل
ضلع من اضلاع الخروط فيكون المخفى المار بالنقط المعينة بهذه الكيفية في حال
وضعه على مستويات المساقط هو المسقط المطلوب تحصيله
ولناخذ الخروط البسيط المنتظم وهو الخروط القائم المستدير كما في

(شكل ١٢)

(شكل ١٢) فتكون جميع خطوط تقاطعه بمستويات موازية للقاعدة
دوائر كالقاعدة المذكورة وقد تكلمنا في الدرس الثالث على خواص الدائرة
ومحيطها ولم يبق علينا الا قطع الناقص والقطع المكافئ والقطع الزائد
ولنتكلم عليها على هذا الترتيب فنقول

*** (بيان القطع الناقص) ***

اذا قطعنا المخروط بمستوى **ح خ** (شكل ١٢) المائل على المحور
وكان هذا المستوى قاطعا لساير اضلاع المخروط فان القطع المخروطي الحادث
بهذه الكيفية يكون قطعانا ناقصا وهو خط منحن متصل ببعضه من ساير جهاته
بحيث لا يرى فيه انقراج وهما الخواص للقطع الناقص الاصلية
وحاصلها ان هذا الشكل له مركز في نقطة **و** (شكل ١٣) ومحوران
مثل **أ ب** و **ث د** يتقاطعان في زاوية قائمة وكل خط مثل
ض و ط ممتد من مركز **و** ومنته الى محيط القطع الناقص يكون
منقسما بالمركز المذكور الى قسمين متساويين وهو قطر يقسم ايضا القطع
الناقص الى قسمين يمكن انطباق احدهما على الآخر قطب هذا القطر طرقا
على طرف

وكل من المحورين المذكورين يقسم القطع الناقص الى قسمين متماثلين وكل
خط مثل **م ح ن** عمود على احد المحورين وهو **أ ب** يكون منقسما
بهذا المحور الى قسمين متساويين مثل **ح م** و **ح ن** وبناء على ذلك
اذا ادركنا نصف القطع الناقص وهو **أ ث ب** حول **أ ب** الذي هو
بمنزلة المحور فان ساير نقاط محيط **أ ث ب** تطبق مباشرة على قوس محيط
أ د ب

واذا كان مركز القطع الناقص عين مركز الدائرة التي قطرها محور **أ ب**
فانه يامرر ادخلى **و د** و **ح ن** على الدائرة الى نقطتي **د** و **ن**
يتحصل معنا هذا التناسب وهو **ود : و ن :: ح ن : ح د**
وهذا بالنظر للخطوط الثلاثة المستقيمة وهي **ح ن د** الموازية لمحور

ث و د ومن ثم يمكن ان يعتبر القطع الناقص بالنظر لجهة من جهاته كانه دائرة مفرطة ومنبسطة مستوية بالنظر لجميع اجزائها

واما في صورة العكس وهي ما اذار سمنا دائرة مثل ث د (شكل ١٣ مكرر) على المحور الصغير وهو ث د المعتبر كانه قطر فاته

يتحصل معنا التناسب الاتي بالنظر لكل خط مستقيم مثل خط ف ا غ ع العمودي على محور ث د المذهب في نقطة ع بالدائرة وفي نقطة غ

بالقطع الناقص وهو و ر : و ب :: ف غ : ف غ
وحيث يمكن اعتبار القطع الناقص كانه دائرة يضاوية ممتدة امتدادا متناسبا في سائر اجزائها

واذار سمنا دائرة على مستو مائل موزلة بمستقيم ا ب (شكل ١٤)
كان المطلوب معرفة مسقطها على المستوى الافقي

فتفرض ان ا ر هو مسقط قطر ا ب الذي هو ا كثر ميل من غيره
وحيث ان نقطة و هي مسقط مركز و فاذا سمنا ث و عمودا على

ا ر وجعلنا و ث = و ث = نصف قطر الدائرة فان منحنى
ا ر ث يصر مسقط الدائرة المذكورة وبذلك يكون قطعنا ا ر ا و ذلك انما

اذا ملدنا عمودا مثل م ن على قطر الدائرة الذي هو ا ب المرسومة
على مستوى ا ب فان خط م ن الافقي يكون في مستوى الدائرة

وبناء عليه يكون مساويا لمسقطها الذي هو م ن ولذا يكون قرب اعمدة
م ن البسيطة من المحور الاكبر الذي هو ث و اكثر من قرب اعمدة

م ن من قطر ث و كنسبة و م الى و م فاذا يكون مسقط
الدائرة المذكورة ليس الا دائرة منبسطة ممتدة بالتناسب في جميع اجزائها

وهي كتابة عن القطع الناقص

فعلى ذلك كل دائرة رسمت على مستو غير مواز لها يكون مسقطها قطعنا ناقصا
ويكون المحور الاكبر من هذا القطع مساويا لقطر الدائرة المذكورة

ولما كانت خواص القطع الناقص كثيرة جدا بحيث لا يمكن بسط الكلام

عليها اقتصرنا منها هنا على خاصة نذكرها لك لاهيتها وكثرة مدخليتها في العمليات فتقول

اذعينا نقطتين ثابتتين مثل $\overline{ف}$ و $\overline{و}$ (شكل ١٥) بورتين او شخصين ودربطنا فيهما خيطا طولا من مسافة $\overline{ه}$ و $\overline{ف}$ ثم شدنا هذا الخيط يا لرسم فيتقدم تارة الى جهة $\overline{ف}$ وتارة الى جهة $\overline{و}$ ف يحدث عن ذلك خط منحن يسمى قطعانا قصا ويقال له ايضا قطع البستاقية الناقص لانهم ربما عن الطوع الناقصة الموجودة ببساتينهم على هذه الكيفية ومن خواص القطع الناقص الشهيرة جدا انه في كل نقطة من نقطه كالنقطة المرموز اليها بحرف $\overline{ث}$ يحدث عن جزئ $\overline{فث}$ و $\overline{و ث}$ المستقيمة المركب منهما الخيل في نقطة $\overline{ث}$ زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني او مماسه وهو $\overline{ط ث ط}$

(بيان اجراء العملية في علم الضوء)

قد افادتنا التجربة ان كل شعاع من اشعة الضوء كشعاع $\overline{ف ث}$ الذي يمر خطا منحنيا او سطح $\overline{ا ث ب}$ يكون له اتجاه مثل $\overline{ث ف}$ وبعبارة انه ينعكس على حسب $\overline{ث ف}$ بحيث يحدث عن الشعاعين اللذين هما $\overline{ف ث}$ و $\overline{ث ف}$ زاوية واحدة بتلاقيهما مع الخط المنحني او السطح فاذا ن اذا عكس القطع الناقص الضوء كما انعكسه المرآة المستوية فانه يكون لكل شعاع مضي مثل $\overline{ف ث}$ خارج من نقطة $\overline{ف}$ عند انعكاسه اتجاه $\overline{ث ف}$ المار بنقطة $\overline{ف}$

وكل نقطتين مثل $\overline{ف}$ و $\overline{و}$ يسميان بالبورتين فعلى ذلك جميع الاشعة المضئية الخارجة من احدى البورتين والمنعكسة بمحيط القطع الناقص تمر بالبورة الثانية

(بيان اجراء العملية في علم السمع اى انعكاس الصوت)

ينتشر الصوت وينتجه اتجاها مستقيما كاتجاه الضوء وانتشاره ثم ينعكس انعكاسا مستقيما ايضا بحيث تساوى زاوية الانعكاس زاوية السقوط

المعترضة فعل ذلك اذا كان محيط القطع الناقص مرسوما بحيث يعكس الصوت فان سائر الاصوات الخارجة من بورة ف تنعكس عند مرورها بالبورة الثانية وهي ف التي قصير صدى ف

وهناك محال بنيت على صورة القطع الناقص (شكل ١٥) فظهر منها بواسطة التجربة صحة ما قرناه في هذا البحث فان الانسان اذا خفض صوته وهو في البورة التي هي ف بحيث لا يسمعه القريب منه بان كان في نقطة و مثلا حدث مع ذلك عن تأثير صدى صوته المنخفض الصادر عنه في نقطة ف صيرورة هذا الكلام واضحا مفهوما في البورة الثانية وهي ف ولا بأس بان نذكر هنا عملية تتعلق بخامة الصوت وان كانت محزنة تتأثر منها النفس وحاصلها اننا سالا رافة عندهم بنواصبونا لا يمكن لمن يجلس بها وكبل بسلاسل الحديد في بورة ف ان يتغوه بكلمة واحدة الا توسع في البورة الثانية وهي ف من القبة التي على هيئة القطع الناقص المنفصلة من ف بحاجز يمنع المسجون ان يرى السجان المتكفل بملاحظته ومراقبته وقد قطع النجوم السيارة حول الشمس خطوطا مخفية وهي قطوع ناقصة احدي نقطتي احتراقها مركز الشمس وقدمضى على علماء الهيئة والهندسة ثلاثون قرنا وهم يمارسون فنونهم حتى ادر كوا حقيقة هذه التجربة التي بها اتسعت دائرة علم الهيئة عند المتأخرين

فاذا ادركنا القطع الناقص حول محور كبير مثل ا ف ب يمر بنقطتي الاحتراق حدث عن ذلك سطح دوران توجد فيه هذه الخاصية وهي ان كل شعاع مضى ذى صدى مثل ث ف خارج من نقطة الاحتراق وهي ف يكون في انعكاسه على خط مستقيم يمر بنقطة الاحتراق الثانية وهي ف

وكانه يمكن بواسطة الدائرة البيضاء والمستطيلة والافرطة المسطحة بالنظر لجميع اجزاء نقطتها ان نرسم سائر القطوع الناقصة يمكن بواسطة الجسم الناقص الدائر المرسوم بدوران القطع الناقص حول احد محوريه ان نرسم

سطوحاً بحجم ناقص يضاوية مستطيلة أو مربعة وهذه الطريقة تكفي في هذا المقام ولا حاجة فيه إلى الاطناب وبسط الكلام
وهنا الطريقة أخرى في رسم القطوع الناقصة بحركة مستمرة كان يستعملها
أرباب الصنائع غالباً وذلك أنه إذا كان $\overline{أوب}$ و $\overline{شود}$ هما
المحوران (شكل ١٦) ومددنا مستقيم $\overline{منح} = \overline{وا}$ واخذنا
عليه $\overline{حن} = \overline{وث}$ وبقيت نقطة $\overline{م}$ مأكنة دائماً على المحور
الاصغر المتد على قدر الحاجة وبقيت نقطة $\overline{ن}$ على المحور الاكبر فتقدم
هذا الخط المستقيم أو تأخره في جميع اوضاعه الممكنة ترسم نهايته وهي $\overline{ح}$
القطع الناقص وهو $\overline{أبشد}$

وقد صنعوا بموجب هذه الطريقة آلات لرسم القطع الناقص بحركة مستمرة
وهي في الحقيقة بيكرات على هيئة قطع ناقص
وقد ينشأ في قائمة الآلات المخترعة كيفية الرسم بهذه البيكرات لسطح مجسم
قطع ناقص أيأما كان بواسطة حركة مستمرة وخط مستقيم قطعه الثلاثة المعلومه
تمكث دائماً على ثلاثة مستويات ثابتة حين ترسم النقطة الرابعة بتقدمها
أو تأخرها في جميع الجهات سطح مجسم القطع الناقص وتستعمل هذه الطريقة
في اخذ صورة الاجسام وفي الاشغال التي يقتضيها بناء القباب التي على صورة
القطوع الناقصة

* (بيان القطع المكافئ) *

يكون القطع المكافئ (شكل ١٧) مرسوماً على مخروط $\overline{أب}$ و $\overline{سا}$
بواسطة مستوى $\overline{خز}$ الموازي لأحد اضلاع المخروط المذكور وهذا القطع
هو خط منح كخط $\overline{مذ}$ مغلوقة من جهة ومفتوح من أخرى ويمتد إلى
مالاً نهاية وفرعاً وهما $\overline{مذ}$ و $\overline{خز}$ آخذان في الانحراج على التدرج
وليس للقطع المكافئ الذي هو $\overline{منح}$ (شكل ١٨) إلا رأس واحد
وهو $\overline{ن}$ ومحور واحد وهو $\overline{نل}$ يكون فرعاً للقطع وهما $\overline{من}$
و $\overline{نح}$ بالنسبة اليه متماثلين ولهذا القطع أيضاً صورة وهي $\overline{فد}$

ولهذا المحور بكمية ككمية $ن غ = ن ف$ التي هي بعد المسافة
 بين بورة القطع المكافئ ورأسه ونمدايضاً من نقطة $غ$ مستقيم $س ص$
 عموداً على هذا المحور فإذا مددنا الشعاع المنعكس وهو $س ك$ الى
 نقطة $ش$ على $س ص$ كانت نقطة $س$ التي هي من القطع
 المكافئ على بعد واحد من البورة ومن خط $س ص$ وحينئذ
 $ف = س$ يساوي $ش$ فاذا اتينا بمسطرة مثلثية مثل
 $ه ش$ ومررنا بها على طول $س ص$ واتينا ايضا بجبل نربطه
 بالزاوية القائمة وهي $ش$ ونشده بحيث يكون على هيئة خط مستقيم
 بطول $ش$ واتينا بجبل ثان ثابت في نقطة الاحتراق وهي $ف$
 وضممنا احد طرفيه في نقطة $س$ الى الجبل الاول بحيث ينتج ان
 $ف = س = ش$ وتركنا هذين الجبلين يمتدان بالتساوي
 فكلما بعدت المسطرة المثلثية عن المحور اخذت نقطة $س$ في رسم القطع
 المكافئ حتى ينتهي

واذا فرضنا ان القطع الناقص يمتد بالتدريج فان تقطعت احتراقه يبعدان عن
 بعضهما فاذا اقتصرا على احدي هاتين النقطتين فان جزء القطع الناقص
 الذي يمتد حول هذه النقطة يهكون عند الرسم شيها بالقطع المكافئ على
 التدريج حتى اذا تم رسمه صار امتثالين بحيث لا يفرق بينهما

ثم ان النجوم ذوات الغيب ترسم خطوطاً مخفية قريبة الشبه بالقطوع
 المكافئة تشغل الشمس نقطة احتراقها وهي في الواقع قطوع ناقصة بيضاوية
 الشكل

وكلاً امتد القطع الناقص اخذت الاشعة الشمسية الخارجة من احدي تقطعت
 الاحتراق المتباعدة عن النقطة الثانية في التوازي تدريجياً وهذا فيما اذا فرضنا
 ان تقطعت الاحتراق يبعدان عن بعضهما بعدا لانهاية له وبذلك يكون القطع
 الناقص في الحقيقة قطعاً مكافئاً وتكون الاشعة الخارجة من نقطة الاحتراق
 التي يكون بها الراصد منعكسة بالخط المنعني المذكور بحيث لا تقابل المحور

الذي توجد فيه نقطة الاشتراق الثانية الا في بعد لانهاية فاذن تكون الاشعة الخارجة من نقطة احتراق القطع المكافئ منعكسة بهذا النقط مع موازاتها للصور

ويستعمل القطع المكافئ لتلقي الضوء الخارج من نقطة الاحتراق وانعكاسه الى جلة اشعة موازية للصور عوضا عن ان تكون تلك الاشعة منتشرة في سائر النقط الموجودة في الفراغ

(بيان اجراء العملية في المنارات)

اذا اوقدت نار على شواطئ بحرا وفي داخل ميناء او في مصب النهر او على المراسي الخطرة قواما جاورها من المهم ان نرى ضوء تلك النار من بعيد وهي نار المنارات فيلزم وضعها في نقطة احتراق السطوح المتخذة من الضامن المقصص ويجعل لها شكل القطع المكافئ الذي يدور حول محوره (شكل ١٨) وهو مجسم قطع الدوران وبموجب هذا البيان يحدث عن سائر الاشعة التي يعكسها السطح الذي يطلق عليه اسم مجسم القطع المكافئ العاكس جلة اشعة متوازية قاعدتها دائرة أ ب ث د المتوازية التي يتكون منها ايضا قاعدة سطح أ ب ث د م ن العاكس

ثم ان مجسم القطع المكافئ متارة يكون موضوعا في وضع ثابت وفي هذه الصورة لا يمكن رؤية المنارة في الليل على بعد عظيم الا في وقت المرور بمحور القطع المكافئ متارة يدور مجسم القطع المكافئ على محوره قائم فيئتد بصيرا بالتدريج الضوء المنعكس بذلك المحور على سائر نقط الافق وتصادر الملاحون بذهاب الضوء ورجوعه المنتظم ان هذا الضوء ليس ناشئا عن نار موضوعة حينما اتفق وقد يتبين من المدة المتخللة بين وجود الضوء وانعدامه الاختلافات التي تميزها المنارات من جهة واحدة

(بيان القطع الزائد)

القطع الزائد هو عبارة عن قطع ع د م و م د ن (شكل ١٩) الرسوم في المخروط بمستوي يقطع طبقتي أ و ب و ا و ب ويتقسم الى

برتين منفصلين عن بعضهما لكل واحد منهما فرعان كما القطع المكافئ
 الان الفرق بينهما هو ان فرعي القطع الزائد يمتدان بسرعة اكثر من فرعي القطع
 المكافئ ومن هنا قيل ان فرعي القطع الزائد المحكم الرسم المشترك مع القطع
 المكافئ في المحور والراس يؤول امرهما الى كونهما يخرجان من بين فرعي
 القطع المكافئ.

ولقطع الزائد وهو ا ب ث و ا ر ث (شكل ٢٠) محوران
 وتقطعا احتراق وهما ف و ف كالقطع الناقص غير انه عوضا عن
 أن يكون مجموع الاشعة الاحتراقية ثابتا على حالة واحدة يكون ذلك ثابتا
 لتفاضلها وكذلك شعاعا ف م و ف م يحدث عنهما زاوية واحدة
 مع المنحنى الان هذا المنحنى يميز هذين الشعاعين اى شعاعى الاحتراق عوضا
 عن ان ينقسمهما كالقطع الناقص * وبالجمله فهناك خطان مستقيمان مثل
ح ص و ح و يحدث عنهما زاوية واحدة مع المحور الاكبر وهو
ف و ويقربان من القطع الزائد كلما بعدا عن مركز و المارين به
 من غير أن يتلاقيا بفرع القطع الزائد ولذلك سميا بالخطين الموازيين للخط
 المنحنى

* (بيان تقاطع الشكل المخروطى بالسطوح المنحنية) *

يكفى لتحديد هذا التقاطع أن نمر بعدة مستويات من رأس المخروط فتقطع هذا
 المخروط فى اضلاع مستقيمة وتقطع ايضا السطوح المنحنية فى خطوط أخرى يكون
 تقاطعها مع تلك الاضلاع هو عين نقط الخط المنحنى المطلوب

* (بيان ابرآ العملية فى معرفة علم النور) *

قد سبق فى الدرس التاسع ان الاجسام تظهر لنا بواسطة اشعة منيرة سارية من
 كل من قطعها الى مركز عين الانسان فعلى ذلك كل خط يقذف الاشعة المنيرة
 المذكورة بصير قاعده للمخروط فاذا رسمنا تقاطع هذا المخروط بالسطح المشاهد
 تحصل معنا منظر الخط المنير

وتتكون الالواح فى العادة سطوحا مستوية كما تقدم فى الدرس التاسع

وقد تكون اسطوانات او انصاف كرات

(بيان البانوراماى بالمنظر العام)

قد توصل اهل هذا الفن الى صناعة الواح اسطوانية بوضع نقطة المنظر على نفس محور الاسطوانة وبهذا الوسطة امكهم ان يرسموا على محيط الاسطوانة سائر الاجسام الطبيعية التى تنتشر بالاستدارة الى الافق حول نقطة مفروضة وهى البانوراما التى يعبر عنها بالمنظر العام لجميع الاشياء لانه بواسطتها شاهد جميع الاجسام التى يمكن رؤيتها من نقطة واحدة فلذا كانت البانوراما عبارة عن تقاطع السطح الاسطوانى المتقدم المأخوذ لوحا مع سطح مخروط واحد او عدة سطوح مخروطية رأسها موضوعة فى نقطة المنظر وقاعدتها جميع الخطوط الطبيعية التى يريد الصانع رسمها

ولاجل الاختصار فى عمليات هذا النوع من المنظر تقسم الافق الى اجزاء متعددة بأن تقسمه الى عشرين جزءا مثلاً ثم يرسم على افق ورق او صفائح مستوية معتادة منظر الاشياء المنحصرة فى العشرين جزءا من الافق ثم يرسم بجانبه على الستارة الدالة على اتساع سطح الاسطوانة المجعولة لوحا العشرين طبقة المتناسبة المتوازية ثم تنشر هذه الستارة على الحائط الاسطوانى من البيت المستدير المحتوى على البانوراما

واذا رسم هذا النوع على حقيقة دهش منه الناظر لانه فى بعض الاحيان يبدو منه سائر التخييلات الطبيعية وهذه الطريقة فى الرسم اجود من غيرها اذ بها يعرف منظر اى محل كان حول نقطة مفروضة وهذه الفائدة لا يمكن وجودها فى السطح المخوف ولا فى منظر صورة جزء من الافق

(بيان المرأة المصورة)

هذه المرأة عبارة عن لعبة طبيعية شهيرة ناشئة عن التخييلات الهندسية وهى من قبيل البانوراما وصورتها ان يرسم على مستواشكالاً بحيث انما عند انعكاسها بالمرآة الاسطوانية او المخروطية تظهر لعين الراصد فى صورة اجسام منتظمة وصور طبيعية ويلزم لرسم تلك الاجسام على المستوى ان تصور

أولاً سائر اضلاع المخاريط التي تجعل لكل جسم منظر على المرء آتة ثانياً الاشعة المنعكسة بان نعتبر هذه الاضلاع كأنها اشعة ساقطة فينتج عن كل شعاع منعكس تقاطعه بالمستوى نقطة ويكون مجموع النقط المحددة بهذا الوجه الشكل المطلوب رسمه وما يحصل للانسان عند رؤية هذا المنظر من المسرة والابتهاج انما هو ناشئ عما يلحقه من الطرب حين يرى الاشكال الغير المنتظمة والاشكال البشعة القبيحة المنظر تحوّل بانعكاس الضوء الى اشكال منتظمة حسنة المنظر مستكملة لما يرويه من الانتظام والجودة

(بيان المناظر المرسومة صورتها في داخل القبيب والقبوات)

قد تكون القبيب والقبوات الموجودة في العمارات الكبيرة كالهياكل والقصور منقوشة في الغالب بمنابر رسمها يحصل بتقاطع السطوح المخروطية بسطوح هذه القبيب والقبوات فيلزم للرسم ان يقف على حقيقة ما يرام من الصور لتظهر المناظر على بعدائها على شكلها الحقيقي ووضعها الطبيعي وان كانت في حالة القرب فتخالف ذلك بالكلية

(بيان الظلال المخروطية)

اذا كان هنالك نور كنور مصباح او شمعة او كان عدداً من انوار مجتمعة مارة بقبيب صغير وانارت على اجسام مظلمة فانها تنعكس ظل هذه الاجسام بحيث يترآى في الفراغ ان القاصد بين الظل والنور شكل مخروطي فاذا اريد رسم الظل الذي يعكسه الجسم المنير من نقطة واحدة على جسم آخر لزم ان نحدد تقاطع السطح المخروطي الناتج من الجسم الذي يعكس الظل بالجسم المنير \llcorner على الظل

ومثني للمبتدئ في التصوير العرقي التي تظهر لهم في هذا المعنى وكذلك في الظلال المنعكسة باشعة متوازنة عند تحديد مبدء الامر بالطرق الهندسية كثير من الظلال المنعكسة التي من هذا القبيل ليعتادوا على الاشكال التي تنتج عنها ويعرفوا معرفة قامة تأثير النور في شكل الظلال فذلك يزداد رسمهم صحة وضبطاً

وذلك لانه اذا انسجنا على منوال الطريقة التي ذكرناها نتيج عن ذلك شيان
احدهما تقاطع السطوح المنتشرة والمعوجة بسطوح آخرتين النقط التي
تتلاقى فيها السطوح بكل من المستقيمت التي هي اضلاع السطوح الاول *
ثانيهما تقاطع سطوح الدوران الدوران بسطوح أخر عند البحث عن النقط
التي تتلاقى فيها السطوح الاخيرة بدواً ثم متوازية مرسومة على السطوح
الاول وهم جرا ومهارة الراسم في هذه العمليات هي اتصافه سطحى المسقط
ليتحصل معه خطوط منحنية بسيطة يسهل بهارسم مساقط خطوط التواء
من كل سطح

(الدروس الرابع عشر)

(في بيان الخطوط والمستويات المماسية للمخنيات والسطوح)

لاجل تسهيل ادراك القضايا والبرهنة عليها نبدل في الغالب خط
ا ب ث د ه ف غ ش المنحنى (شكل ١) بمضلع مستقيم
الخطوط تكون اضلاعه الصغيرة جدا وهي ا ب و ب ث و ث د
و د ه الخ مماثلة بالكلية لعنصر الخط المنحنى المنحصر بين تلك الاضلاع
المتنوعة

واذا اردنا من تقطعي ا و ب المقروض وضعهما على المنحنى مع غاية
القرب من بعضهما خط س ا ب ص المستقيم ظهور كانه امتزج بالمنحنى
في المسافة الصغيرة التي بين تقطعي ا و ب وتعين به اتجاه الجزء الاصغر من
منحنى ا ب ث د ه ف غ ش فنقول حينئذ ان مستقيم
س ا ب ص مماس للمنحنى في عنصره الصغير وهو ا ب
ولا يخفى ان هذه الطريقة التي استعملناها في تحصيل مماسات المنحنى ليست
الاطريقة ثورية ولنضرب لك مثلاً تقريرا ليكون عندك المام بالمماسات
الحقيقية فنقول

لنخذ في دائرة ا ب ث د (شكل ٢) نصف قطر و ا ثم نخذ من
نهاية ا عمود س ا ص على نصف القطر المذكور مرة دبر هنا

(في الدرس الثالث) على ان كل نقطة من س اص ماعدا نقطة أ توجد خارج الدائرة وان مستقيم س اص الذي يمس الدائرة في نقطة واحدة يسمى مماس الدائرة

ولا يمكن ان نمر من يمين نقطة أ ولان شمالها بخط مستقيم بين الدائرة ومماسها وهو س اص فلذلك نعد من نقطة أ خطا مستقيما بخط أز ثم نمد خط ون عمودا على أز فيصير هذا العمود بالضرورة اصغر من مائل وا فاذا ندخل خط أز في الدائرة وبناء على ذلك لا يمر دائما من نقطة أ بين الدائرة ومماسها وهو س اص

وحيث ان الجزء الصغير من الدائرة الذي اوله من المماس اتجاءه هو عين اتجاء المماس المذكور امكن ان نعتبر نقطة قريبة جدا من نقطة أ مأخوذة على الدائرة كأنها موضوعة على المماس وهذا كاف في تعيين اتجاءها الذي يقل خطاه كلما قربت النقطة الثانية من الاولى

وقد يكون نصف قطر و العمودي على مماس س اص عموديا ايضا على عنصر انطافئ الذي يكون من نقطة أ على اتجاء المماس المذكور ويطلق اسم انطافئ العمودي على انطافئ التازل عمودا على المماس فلذا كان نصف قطر الدائرة عمودا على المحيط ثم ان ارباب القنون يستعملون كثيرا خواص المماسات والاعمدة في تحديد اشكال محيطات الخطوط والسطوح

ولنذكر اولا كيفية رسم المضلعات المنتظمة بواسطة مماسات الدائرة فنقول لنفرض مضلعا منتظما كضلع ا ر ث هدف الخ (شكل ٣) حيث ان نقطة و هي مركز هذا المضلع ينبع وا = ور = وث = الخ وكذلك ا ر = ر ث = ث و الخ فاذا كن تكون مثلثات ا و ر و ر و ث و ث و ا متساوية فتكون اعمدة وا و ور و وث التازلة من نقطة و على ا ر و ر ث و ث و الخ متساوية ايضا فاذا كن يكون مماس الدائرة المرسومة من نقطة و المجهولة

مركزا بواسطة نصف قطر $وا = وب = و\theta = ود = الخ$
 هو سائر اضلاع المضلع المذكور وهو $ا-ر-ش-ه-خ$
 ويقال ان كل شكل مضلع مثل $ا-ر-ش-ه-خ$ يكون مرسومًا خارج
 دائرة $ا-ب-ث-د-خ$ فمن ثم كان كل شكل مضلع منتظم يقبل الرسم
 خارج الدائرة

ومن الجلي ان محيط الدائرة يكون اكبر من محيط كل شكل مضلع مرسوم
 في داخلها كضلع $ا-ب-ث-د$ واصغر من محيط كل شكل مضلع مرسوم
 في خارجها كضلع $ا-ر-ش-ه$ وان سطح الدائرة يكون اكبر من سطح كل شكل
 مضلع مرسوم في خارجها

ولما اكثر المهندسون ضرب اضلاع الاشكال كثيرة الاضلاع سواء كانت
 خارج الدائرة او داخلها واخذوا نصف القطر وحدة قياس حسبوا دائرتين
 مختلفتين اقل من طول يمكن القياس معلوم بالالات الهندسية وهذان
 الدائرتان احدهما اكبر من محيط الدائرة والاخر اصغر منه

وقد رآوا من هذا القبيل اشكالا كثيرة الاضلاع منتظمة سطح احدها اكبر من
 سطح الدائرة والاخر اصغر من سطحها ومقارنة بعضها تقريبا اقل من القياس
 المعلوم قبل ذلك فلذلك تراههم يرمزون لمحيط الدائرة التي نصف قطرها يساوي
 وحدة القياس وكذلك لسطحها باعداد تقريبية جدا

ويمكن استعمال هذه الطريقة في تحديد محيط مسافة منتهية وفي تحديد سطحها
 بأي نوع من الخطوط المنحنية

وهذه الطريقة الشهيرة تسمى عند المهندسين طريقة التحديد وبها يستعان
 في البرهنة على كثير من التقاويم والقواعد الرياضية التي جعلناها من قبيل
 الهندسيات القريبة من الحقائق اليقينية فاذا اريد تفصيل سطح كلوح من
 صفيح الحديد او من ورق المقوى بموجب محيط دائرة $ا-ب-ث-د$
 كما في (شكل ٣) نبتدئ برسم شكل مضلع خارج الدائرة بواسطة
 خطوط مماسة ثم نزيل بقاوتها ومبردا ومقراض او اي آلة مستقيمة الخطوط

زوايا $\overline{ا و ر و ث و د}$ فيصت عن ذلك شكل مضلع اضلاعه
ضعف اضلاع الاول ويتفاوت قليلا عن محيط الدائرة فإذا استمر على إزالة
الزوايا بهذا الوجه حدث مضلع اضلاعه متعددة الا انها صغيرة بحيث لا يمكن
ادراك زواياها ولا رؤسها فعند ذلك يتم رسم الدائرة على احسن وجه

وفي عمل الابواب والشبابيك والقبوات الكاملة التقوس وغيرها يكون $\overline{ا م}$
 $\overline{و ث ن}$ المستقيمان (شكل ٤ و ٥) متصين وعمودين على نصف
القطر الا فتي وهو $\overline{ا و} = \overline{و ث}$ (شكل ٤) $\overline{ا ث}$
(شكل ٥) وبناء على ذلك يكون هذان المسندان المستقيمان مماسين للقبوات
المذكورة في تقطعي $\overline{ا و ث}$

وفي قبوة $\overline{ا ب ث د}$ المنكسة (شكل ٦) المصنوعة على هيئة اذن
القبة ثلاثة اقواس دائرية وهي $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ث}$ و $\overline{ث د}$ التي مراكزها
وهي $\overline{م و و د}$ مرتبة على هذا الوجه وهو

اولا تكون تقطعا $\overline{و م}$ ونقطة $\overline{ب}$ التي هي ملتقى قوسى $\overline{ا ب}$
و $\overline{ب ث}$ خطا مستقيما وثانيا تكون تقطعا $\overline{و د}$ ونقطة $\overline{ث}$
التي هي ملتقى قوسى $\overline{ب ث}$ و $\overline{ث د}$ خطا مستقيما ايضا فاذا كان
خط $\overline{س ب ص}$ عمودا على $\overline{و م ب}$ وكان خط $\overline{ز ث ط}$ عمودا
على $\overline{و د ث}$ فان هذين الخطين يصيران معا خطين مماسين احدهما للقوسى
 $\overline{ا ب}$ و $\overline{ب ث}$ في نقطة $\overline{ب}$ وثانيهما للقوسى $\overline{ب ث}$ و $\overline{ث د}$
في نقطة $\overline{ث}$ وحيث ان هذه الاقواس المرسومة على هذا الوجه مماسها
واحد فلا يرى في نقطة تلاقيها نوع من الزوايا

واذا اريد تعويض خط منحنى باقواس دائرية الشبه منه بقدر الامكان
بحيث يرى فيها اتصاله واستمراره فانه ينبغي ان تكون الاقواس المذكورة متصلة
بعضها ببعض يكون لهما مماس واحد في نقطة تلاقيها وسيأتى توضيح ذلك
في الدرس الآتى

(بيان المستويات المماسية للسطوح) *

لنصنع في سطح $أ ع ب$ الخ بالتوازي لمستوى مفروض (شكل ٧) عدة قطوع مستوية مثل $أ ب$ و $ث د$ و $ه ف$ فتأخذ هذه القطوع في التناقص كلما قربت من حدود السطح حتى ينتهي امرها الى أن تصل الى نقطة $غ$ التي تكون بغيردها على مستوى $م ن$ الموازي لجميع القطوع المذكورة

ولترسم على السطح المذكور عدة منضيات مثل $أ ع ب$ و $ا غ -$ الخ مارة بنقطة $غ$ ونمد من هذه النقطة عدة مماسات للمنضيات المذكورة وحيث أنه يتعذر مر ور خط مستقيم بين مماسين ومنحنين لزم أن تكون هذه المماسات موضوعة على مستوى $م ن$

فلذا كان المستوى المماس في نقطة $غ$ لسطح $أ غ ب$ مشتملا على جميع المستقيمات المماسية في نقطة $غ$ للمنضيات على اختلافها المرسومة من هذه النقطة على السطح المذكور ويلزم مع ذلك أن نستثنى النقط البسيطة كراس المخروط وغير ذلك لكن هذه النقط هي دائما مستثنيات على السطوح اى لا يلتفت اليها

ولنفعل لذلك بالكرة فنقول تكون قطوع $أ ب$ و $ث د$ و $ه ف$ المتوازية (شكل ٨) دوائر مراكزها $و$ و $ز$ و $و$ موضوعة على خط مستقيم وهو $و و$ الخ $غ$ عمودى على مستوى سائر الدوائر وماربمركز الكرة فاذا مددنا من نهاية نقطة $غ$ لهذا المستقيم مستوى $م ن$ موازيا لمستوى القطوع وعموديا على $و غ$ فانه يصير مماسا للكرة

وبيان ذلك ان كل نقطة من هذا المستوى تكون ابعد عن المركز من نقطة $غ$ فتكون ضرورة خارج الكرة فاذن لا يمس المستوى المذكور الكرة الا في نقطة $غ$ وكل مستو عمودى على $و غ$ يقطع الكرة في دائرة قطرها $غ و غ$ ويماسها في نقطة $غ$ عمودى على $و غ$ والاعدة التي في نقطة $غ$ على مستقيم $غ و غ$ موضوعة في المستوى العمودى على الخط

المستقيم المذکور ومارة بنقطة $\overline{ع}$ فاذن يحتوي المستوى المماس وهو $\overline{م ن}$ على جميع مماسات دوائر انصاف النهار التي قطرها $\overline{ع د}$ ونظير ذلك في سهولة البرهنة عليه هو ان $\overline{م ن}$ دائرة صغيرة مرسومة على الكرة من نقطة $\overline{ع}$ يكون مماسها في هذه النقطة موضوعا ايضا على $\overline{م ن}$

وكل خط مستقيم مثل خط $\overline{ع د}$ (شكل ٨) عمودي في نقطة $\overline{ع}$ على المستوى المماس سواء $\overline{م ن}$ كان في السطوح او انحطوط يسجي بالخط العمودي

ولنطبق هذه المسائل الاولى على السطوح بانواعها التي تقدم ذكرها في الدروس السابقة فنقول

*** (بيان المستوى المماس للاسطوانة) ***

لنفرض اسطوانة كاسطوانة $\overline{ا ب ث ا ر ت}$ (شكل ٩) التنبيه بقاعدتين موضوعتين في مستويين متوازيين سائر خطوطهما المتقابلة متوازية ايضا فاذا كان $\overline{ب ر}$ ضلعافان مماسي $\overline{م ب ن}$ و $\overline{م ر د}$ للمخفين في تقاطع $\overline{ب ر}$ يكونان متوازيين ومن هذا القبيل كل خط مثل $\overline{م ر د}$ مماس لمنحني $\overline{ا ر ت}$ الموازي للقاعدتين المذكورتين حيث ان نقطة $\overline{ر}$ موضوعة على ضلع $\overline{ب ر}$ ويحدث عن تسلسل مماسات $\overline{م ب ن}$ و $\overline{م ر د}$ و $\overline{م ر د}$ المتوازية التي تمر بضلع $\overline{ب ر}$ الذي هو خط مستقيم مستوي يكون مماسا للاسطوانة في سائر امتداد الضلع المذکور

*** (بيان رسم المستويات بالاسطوانات المماسية) ***

قد يصنع الخيال الذي يدبر نشابته بالتوازي من المعين مستويا يكون مماسا بالتدريج لكل ضلع من اضلاع السطح الاسطوانى للنشابة وكذلك البستانجي في عمل طرقات البستان وحياضه فانه يصل الى النتيجة المذكورة بتدوير الاسطوانة المسماة بالزحافة على تلك الطرقات والحياض

فكلما تمهدت الارض واستوت صارت محاسة للزحافة في امتداد الاضلاع
المختلفة لهذا السطح

وقد يعلق العربات صانعيها بواسطة سيور من الجلد من كل جهة (شكل ١١)
فتكون هذه السيور تابعة للداثر الاسفل الاسطوانى من صندوق العربة
وتمتد بحيث يكون سطحها الاعلا على هيئة سطح مماس لصندوق العربة
فاذا اهتز الصندوق من الامام الى الخلف فانه اما ان يتقدم او يتأخر على المستوى
المماس المذكور الذى لا يعتبر به اهتزاز من احدى جهتيه دون الاخرى
لكونه على حد سواء من الجانبين ومثل هذا الاهتزاز مفرغ لكونه يحصل على
حين غفلة في العربات الغير المعلقة

(بيان رسم الاسطوانة بالمستويات المماسية)

انذكر هنا الطريقة التى ذكرناها في الدرس الذى تكلمنا فيه على الاسطوانات
من حيث تفصيل مجسم صلب يكون سطحه اسطوانيا فقول نرسم القاعدة
على طرفي قطعة من الخشب او الحجر رادنجتها على هيئة شكل اسطوانى ثم نرسم
شكلين متضلعين مرسومين خارج الدائرة على هاتين القاعدتين وزيادة على
ذلك تكون اضلاعهما المتقابلة متساوية ومتوازية ثم نمر بواسطة المنشار
او الفارة او اى آلة صالحة لتفصيل السطوح بمستويات بين الاضلاع المتوازية
من المضلعين المذكورين فيصت عن ذلك منشور ذو اضلاع كثيرة مرسوم
خارج الاسطوانة وذلك لان اوجبه المتنوعة تكون مماسة لسطح الاسطوانة
فاذا ازلنا بالمنشار او الفارة او نحو ذلك اضلاع المنشور صنع مستويات جديدة
مماسة للاسطوانة فكلما كثر هذه المماسات اخذت المناشير المطلوب عملها
في عمالة الاسطوانة ومشايتها

(بيان المستويات المماسية للصروط)

اذا اردنا ضلع ض ا ب ث على الخروط (شكل ١٢) فان جميع
الخطوط المماسية في نقط ا ب و ث للقطوع المتوازية وهى
ا ا - ب ب - و و - ث ث تكون موازية لبعضها ويحدث عن جميع هذه

المماسات مستوى **ح ح م ن** المماس للضروط في جميع امتداد ضلع
ض ا ب ث

(بيان اجراء العماية)

يسوغ لنا بواسطة خاصية المخروط عند رسم كثير الاضلاع المرسوم خارج
 القاعدة أن نرسم شكلا هرميا اوجبه عماسة للضروط في سائر طولها فاذا
 اصلعنا على التوالي بالمنشار والقارة او قعوهما اضلاع شكل الهرم المذكور
 لتعشقها بمستويات جديدة متماسة فان عدد اضلاعه يأخذ في الزيادة فيقتد
 يكون رسم السطح الذي هو عبارة عن المخروط مضبوطا على الوجه المطلوب
 (راجع الدرس العاشر)

(بيان المستويات المماسية للسطوح المنتشرة)

اعلم ان الخاصية الموجودة في المستوى المماس وهي كونه يمس الاسطوانة
 والمخروط في جميع امتداد ضلع من اضلاعها ثابتة ايضا للسطوح المنتشرة
 على اختلاف انواعها ويمكن اعتبار هذه السطوح كأنها مصنوعة من عدة
 لوجه صغيرة مخروطية ضيقة جدالها مثل اوجه المخروط مستوية واحدة مماس
 لطول كل ضلع من اضلاعها ويمكن مرور سطح منتشر بين منحنين مفروضين
 بان نرسم خارج هذين المنحنين عدة اشكال مضلعة كالمسوى الذي يمر في آن
 واحد بكل ضلع من اى مضلع كان فيكون هذا المستوى مماسا للسطح المنتشر
 واذا استمر على اصلاح الاضلاع الحادثة من تلاقى هذه السطوح فان اضلاع
 الاشكال المضلعة المرسومة خارج المنحنين والوجه المستوية المماسية للسطح
 المنتشر المراد تحصيله ترداد وتكرر

(بيان الاسطوانات المماسية لبعضها على حسب اى ضلع كان)

اذا وضعنا اسطوانتين قائمتين مستديرتين مثل **ا ب ث د و ب ث ه**
 بجوار بعضهما (شكل ١٠) بحيث يكون محوراها متوازيين
 وبعدهما يساوى مجموع انصاف اقطار قاعدتيهما فان هاتين الاسطوانتين
 يتماسان في جميع امتداد ضلع **ب ث** وحيث يكون للسطحين

مماس واحد في امتداد هذا الضلع ولنفرض الآن ان في حـ كـ ل من مقدم الاسطوانتين ومؤخرهما لوحا اتقيا اتجاها اعلاه هو عين اتجاها هذا المستوى فاذا وضعنا اللوحا معدينا على احد اللوحين وجعلناهما يمر بين الاسطوانتين اللتين على بعد واحد من بعضهما فان اللوح المعدني يهد بحيث يكون الوجهان المتوازيان مستويين مماسين فالوجه الاعلا يكون مماسا للاسطوانة العليا والوجه الاسفل يكون مماسا للاسطوانة السفلى وعلى ذلك تكون عملية جـ لـ حـ الاالواح المعدنية بواسطة الاسطوانات مبنية على خاصة المستويات المماسية للسطوح الاسطوانية

(بيان المخاريط والاسطوانات المماسية لبعضها في اى ضلع كان)

اذا كان لاسطوانة ك اسطوانة ا ب ث د ونحروط كـ خـ رـ و ط ا د هـ (شكل ١٣) ضلع واحد مثل ا د ولهما في د مماس واحد وهو مـ رـ خـ فان المستوى الممتد من مـ رـ خـ ومن ضلع ا د يكون في ا ن واحد مماسا للضروط وللأسطوانة في سائر امتداد ضلع ا د فاذا ن تكون الاسطوانة والنحروط المذكوران مماسين لبعضهما في سائر امتداد ضلع ا د

وقد يستعمل الحدادون والسبك كرية والنحاسون الخاصة المذكورة في تقويس الواح النحاس والصفيع على هيئة اسطوانية فيضعون اللوح بحيث يكون اتجاها اضلاع الاسطوانة هو عين اتجاها ضلع السن النحروط من لبلابة السندان المرموز لها بحروف ا د هـ ثم يقوسون ايضا بواسطة مطرقة طرفها مقعر على صورة اسطوانية اللوح في سائر طول الخط المستقيم الذي بموجبه يمر النحروط اللوح المطلوب تقويسه فبذلك يتحققون من ان سطوح الواحهم اسطوانية وبهذه المثابة تكون صناعة السطح النحروطي وكل سطح منتشر بشرط الزيادة والنقصان في تقويس اللوح المعدني تدريجيا بقدر بعدد المطرقة على ضلع الالتصام وهو ا د من رأس ا او قربه منه

(بيان الاسطوانات المماسية والمكتنفة بسطوح اخر)

اذ افرض ان خطا مستقيما موازيا دائما لاتجاهه الاصلى يأخذ في الامتداد وهو باق دائما على مماسة سطح مفروض فانه يحدث عنه اسطوانة تكون مماسة للسطح المفروض في جميع التسلسل الناتج عن نقط التماس الموجودة بين اضلاع الاسطوانة والسطح المذكور

(بيان الاسطوانات التي تكشف الكرة)

لفرض ان هناك كرة مثل ا ب د ه (شكل ١٤) وان هناك خطا مستقيما مماسا دائما للكرة يتحرك وهو مواز لمحور يمتد من مركز الكرة فيحدث من هذه الكيفية اسطوانة قائمة مستديرة تمتص الكرة في جميع امتداد دائرة ا ب د ه الكبرى وبذلك يمكن تقدم الكرة في الاسطوانة او تأخرها بان تكون مماسة لها بلا انقطاع في دائرة موازية لدائرة ا ب د ه وعودية على محور الاسطوانة

(بيان اجراء عملية ذلك)

لخاصية التي ذكرت آتيا مدخل عظيم في الفنون فكما وجه الانسان كرة بالنظر لمحور مستقيم مثل س و ص فانه يجعلها تتحرك في الاسطوانة المكتنفة بها وتغسها في جميع جهاتها

وهذه هي القاعدة التي نشأ عنها شكل اسلحة النار كالبنديق والطنجيات والمدافع والابوس والاهوان التي صورة سطحها الداخلي كصورة الاسطوانة القائمة المستديرة واما الرصاص والكل والقنابر ووجه الابوس التي يراد احكام اتجاهاها فهي اكر تتبع عند رميها اتجاه محور الاسطوانات

(بيان معيار الاكرو)

لاجل ان تحقق اولان الكلال ليست كبيرة القطر بحيث يمنع ذلك من دخولها في الالة المعدة لها وثانيا انها ليست صغيرة جدا بحيث لا يحصل معها ضبط الرمي وتحريره تستعمل نظارات (شكل ١٥) ليست الاسطوانات مستقيمة مستديرة او لها صغيرة جدا فيمسك الطيحي باحدى يديه بمقبض

النظارة وهو **آ ب** و **آ ر** ويدير بالآخرى الكل على سائر جهاتها لينظر هل يمكن ادخالها في النظارة المذكورة ام لا وهل في الصورة الثانية يكون بينها وبين النظارة فراغ ام لا وهذا هو المسمى بكيفية معرفة عيار الكل

(بيان اجراء العملية في الظلال)

يشاهد في الكائنات **ك** كل وقت صورة على شكل السطوح الاسطوانية المصنوعة من الخطوط المستقيمة الموازية لبعضها المماسية لسطح واحد فاذا كان جسم محدد بسطح منحن مضياً بالشمس وكان غير شفاف فانه يجب الضوء عما وراءه وتكون الاشعة الفاصلة بين الظل والجزء المضيء بالشمس هي ضرورية عين الاشعة التي تمس ذلك الجسم بدون ان يحجبها فهذه الاشعة المتوازية تكون مماسة لسطح الجسم فاذا نحدث عن مجموع النقاط التي تحدد الظل المنعكس في الفراغ جسم اسطوانى جميع اضلاعه مماسة لذلك الجسم ويحدث ايضا عن مجموع نقط تماس سطح الجسم والاسطوانة التي تحدد الظل المنعكس بهذا الجسم خط منحن وهو الخط الفاصل بين الظل والضوء على سطح الجسم المضيء.

واذا اردنا ان نحدد على مستو ما مع غاية الضبط ظل أى جسم كان فانه ينبغي انشاء الاسطوانة المصنوعة على هذه الكيفية بمماسات لسطح الجسم موازية لاتجاه اشعة الشمس المفروض ثم نحدد تقاطع هذا السطح الاسطوانى بسطح الاجسام المنعكس عليها الظل وهذا مبحث مهم جدا للمعمري والرسام فاذا قدمنا واخرنا بالجسم المضيء موازيا لنفسه في اتجاه عين باشعة الشمس فان كل نقطة من نقطه ترسم خطا مستقيما موازيا لهذه الاشعة فاذا تكون جميع نقط الجسم الموضوعة على الاسطوانة التي تحدد الظل المنعكس على الجسم تابعة لاتجاه الاشعة المذكورة المماسية بلا انقطاع لسطح الجسم ولا تزال الاسطوانة تحدد الظل المنعكس بالجسم وهذه الاسطوانة التي تحتاطد انما بالجسم في سائر اوضاعه تسمى بالنسبة له سطحاً مكتنفاً

فعلى ذلك تكون الاسطوانة القائمة هي السطح الذي يكتنف الكرة المتمركزة على خط مستقيم والباقية دائمة على طرف واحد وعليه فتكون خزانة المدفع والهون سطحا يحيط بالفراغ المقطوع بالكلية

ويمكن ان يحفر في اى جسم سطح اسطوانى يكتنف الكرة التى نصف قطرها لا يتغير ويكون مركزها متمركزا على خط مستقيم كما يحصل ذلك عند ضرب الرصاصة في جسم لين غير سريع الانكسار

وبعكس ذلك يمكن أن نصنع كرة بتدوير اسطوانة ما حول خط مستقيم عمودى على محورها ومارة به وبجسب وضع الاسطوانة يكون محورها مماسا لدائرة كدائرة نصف النهار فيحدث عن اجتماع دوائر انصاف النهار نفس الكرة المذكورة فاذا فرضنا ان دوائر انصاف النهار المذكورة مرسومة على القرب من بعضها امكن ان نضع عوضا عن الاسطوانة المعاسة اضلاعا اسطوانية منحصرة بين دائرتى نصف نهار متواليتين فيكون هذان ما صدقات القاعدة التقريبية التى ذكرناها فى الدرس الحادى عشر

وبالجملة فتعمل الطرق المذكورة اولا فى رسم سطوح على اى شكل اتفق بسطوح آخر قسمها من جميع الجهات ويمكن تحريكها فى اتجاه مواز لاضلاع الاسطوانة وثانيا فى رسم سطح ما بواسطة جملة اسطوانات تمسه فى كل من اضلاعها

*** (بيان اجراء العملية فى فن التجارة) ***

اذا لزم للتجار ان ينظم اجزاء بارزة بالخراطة على حسب محيط مركب من جملة خطوط منحنية فانه يأخذ قارة حديدية يكون على هيئة قطع شكل الخرافة وخشبها متصل على حسب سطح اسطوانى قاعدته القطع المذكور ثم يحرك قارته ويجعلها مماسة دائمة للمحيط الذى يتبعه الخطوط فى هذه الحركة يصير السطح الاسطوانى القارة بالتوالى مماسا للخراطة المصنوعة فى سائر امتداد القطع الناتج من حديد القارة وتكون الخرافة هي السطح المكتنف للاسطوانة التى ينشأ خشب القارة

وقد ظهر لنا من السطوح المخروطية ملحوظات ونتائج متشابهة
فنفرض اننا نأخذ من نقطة مفروضة مثل ض (شكل ١٦) على كرة و جميع
محاسن ض ا و ض ب و ض ث الخ الممكنة فيحدث لنا مخروط
قائم مستدير محاسن للكرة المذكورة في سائر امتداد دائرة ا ب ث د
المستعملة قاعده للمخروط فاذا ادبرنا دائرة ا ب ه الكبرى على محور
ض و المتد من نقطة ض ومن مركز الكرة وهو و حدث عن
الدائرة المذكورة الكرة وعن محاسنهما ض ا و ض ب المخروط
المذكور

فاذا انقلبت مركز و على محور ض و مع ازدياد نصف قطر الكرة
او نقصانه بالنسبة الى بعده من نقطة ض فانه بالنظر لخاصية الاشكال
المتشابهة تكون اضلاع ض ا و ض ب و ض ث الخ من
مخروط ض ا ب ث د مماسة للدائرة المتقدمة فاذا يكون هذا المخروط
محتويا على المسافة التي تقطعها الكرة المتحركة مركزها على خط مستقيم ويزداد
نصف قطرها او ينقص بالنسبة لبعدها عن المركز من نقطة ثابتة من نقط الخط
المستقيم المتقدم

واذا جعل محل الكرة سطح منحن حيثما اتفق امكن ان نرسم من كل نقطة
موضوعة خارج السطح المذكور جميع الخطوط المستقيمة التي تكون اضلاعا
للمخروط الذي يمس السطح المذكور في كل من اضلاعه فاذا كانت النقطة
المجولة رأسا للمخروط نقطة مضيئة فان المخروط المصنوع على الوجه المتقدم
يبين خلف الجسم حد الظل المنعكس بالجسم المذكور واذا رسمنا مع الدقة حد
الظل المنعكس بالجسم المتقدم على اى سطح كان لزم تعيين تقاطع هذا السطح
مع المخروط المحد للظل الحادث من الجسم المنير

(بيان الكسوف)

اعلم انهم توصلوا بتطبيق هذه القاعدة على علم الهيئة الى تحديد شكل الكسوف
ومقداره ولنفرض ان القمر في ممره بين الارض والشمس يكاد يكون على

خط مستقيم فإذا فرضنا ان القمر والشمس كرتان فان انري مخروطا قائما مستديرا
 محتويا على الكوكبين المذكورين ويعين في السماء حد القتل المنعكس بالقمر
 وكلما مكنت الارض تمامها خارج هذا المخروط المقل فان الشمس لا تنكشف
 بخلاف ما اذا دخل جزء منها في المخروط المذكور فان هذا الجزء يمنع عنه ضوء
 الشمس وتنكشف الشمس والقمر وهذا هو المسهي بالكسوف واداعينا
 في كل لحظة من مدة الكسوف وضع كل من الكواكب الثلاثة على حدته
 وتقاطع سطح الارض مع المخروط المحتوي على الشمس والقمر فان هذا
 التقاطع بين على الارض مسافة ما ويلحق الاماكن التي في هذه المسافة
 الكسوف الكلي في الحالة المذكورة وبالجملة اذا رسمنا جميع التقاطعات
 المفروضة في الاوقات المختلفة التي يستغرقها كسوف واحد فان النقط التي
 تكون خارجة عن تلك التقاطعات المتنوعة لا يحصل لها الكسوف الكلي
 واما النقط الاخر فانه يحصل لها ذلك ويمكن مدة طويلا او قصيرة وبهذه
 الطريقة يؤخذ من الهندسة جميع الاحوال التي يحصل فيها كسوف الشمس
 وتعين بهامع السهولة الاحوال التي يخسف فيها القمر

فاذا كان مخروط قائم مستديريكتف سطح الارض والشمس معا فانه ان دخل
 القمر في المخروط المقل المنعكس بالارض حصل للقمر خسوف وان دخل
 القمر بتمامه في المخروط كان ذلك هو الكسوف الكلي واما اذا لم يدخل في ذلك
 المخروط الا جزء من القمر فان ذلك يكون خسوفا جزئيا وفي هذه الصورة
 الاخيرة نعرف في اي زمن فرضنا شكل الكسوف ومقداره بتحديد تقاطع
 المخاريط المحيطة بالشمس والارض مع سطح القمر

واذا فرضنا جسما حيثما اتفق ومدنا عليه كاسر في شان الشمس اشعة نظرية
 مماسة فان هذه الاشعة تعين على هذا الجسم حد النقط التي يمكن مشاهدتها
 وهذا ما يسمى بالمحيط الظاهري للجسم الذي فرضناه

وفي التصوير يرسم على سطح اللوح المحيطات الظاهرية لاي جسم كان وهذا
 هو تقاطع ذلك السطح مع سطح المخروط الذي اضلاعه مماسة للجسم المذكور

ورأيه موضوعه في مركز النظر فاذن تكون معرفة المخاريط المحيطة
بالاجسام لازمة لزوما ضروريا في تصوير الاجسام المنتهية بخطوط
مستقيمة

ومضى اضاعت كرة منيرة مثل وا - (شكل ١٩) على كرة اخرى مظلمة
مثل واب امكن ان تصور اولا مخروطا مثل ص اب -
يكشف الكرتين معا ويرسم على كرة واب خط الانفصال الذي بين الظل
والنور ويمكن ايضا ان تصور مخروطا ثانيا مثل م ط م ن موضوعا
بين الكرتين المذكورتين فتكون مسافة س م ن المنصورة في هذا
المخروط الذي فوق الكرة الواقع عليها الضوء مشرقة على الكرة المنيرة بتسامها
غير انه لا يمكن ان نشاهد من كل نقطة من مسافة ا م ن ب الاجزاء
واحد من الكرة المضيئة فاذن يكون هناك ظل جزئى ويسمى عند ارباب هذا
الفن بالاسم المذكور فاذا اريد رسم ظل عدة اجسام مع الدقة لزم ان نبين مع
غاية الاهتمام الظلال وما استضاء منها من الظلال الجزئية ويتوصل الى ذلك
بطرق تشبه الطرق التي ذكرناها آنفا

فلو لم يكن سطح ا و ا و ب متشابهين لما يمكن ان المخروط الواحد
يحيط بهما معا على وجه التماس بل يكون سطحا متقشر امكن رسمه بان فرض
ان اى مستوي يمس السطحين المذكورين معا ويرسم مع التعاقب جميع
الاضلاع الملائمة لذلك ونصل في كل وضع بالخط المستقيم النقطتين اللتين يكون
فيهما المستوى مماسا للسطحين فيحدث عن مجموع هذه الخطوط المستقيمة سطح
منتشر يكون فاصلا بين الظل والنور من الظلال واجزائها المستتيرة على
ما يقتضيه وضع الظل خارج الجسم المنير والجسم الواقع عليه الضوء او مروره
بينهما ولقد تأسفت على كون ما اودعته في هذا الكتاب المختصر من الحدود
والمبادئ يمنع من التطويل في الكلام على هذه الخواص المستحسنة المتعلقة
بالسطوح المنتشرة

واذا اريد تحصين اى ثغر فانه ينبغي تحصين خارجه بحيث لا يمكن في مسافة

مرى المدفع ان ترى مع الاستقامة جسماً من الاجسام المعتدة للماية تفوق
بسطة الحصون التي عليها المحافظون فتصور سطحا منشرا مماسا للشاهق
المحصن ولرأس الارض التي تكتنف الثغر بقدر مرمى المدفع وينبغي ان لا يقطع
السطح المنتشر بالكلية الارض التي فيها المحافظون ولا السطح المرتفع عن
الارض بقدر قامة الانسان المعتادة فاذا وفي بهذا الشرط فان داخل الثغر
يعمى مردابا اومضيقا ولهذا سميت القواعد الهندسية المستعملة للتوصل الى
هذه النتيجة بقواعد عمل المضيق

ويكثر استعمال المحاريط المكشوفة في الفنون لتحديد اشكال الاجسام فان صانع
القباب يستعمل نصلة مستقيمة حادة منسدودة من احد طرفيها بنقطة
ثابتة ومن الطرف الاخر لها قبضة يقبض عليها بيده اليمنى ويحرك يده
اليسرى وضع قطعة الخشب التي يريد صنعها ثم يقطعها بالآلة المذكورة فينشأ
عن هذا القطع في كل مرة سطح مخروطي مماس للقباب في جميع امتداد خط
مخزن وينتج عن مجموع هذه الخطوط المخفية المقطوعة بهذا الوجه عين سطح
القباب وهو السطح الذي يكتنف جميع المحاريط المرسومة بالآلة
المذكورة

واذا اراد الخراط صناعة جسم على صورة سطح دوران فانه يأخذ اولا
آلة قليلة العرض ليصنع بها قطوعا تسكاد ان تصل الى محيط هذا السطح ثم يأخذ
مقراضا مستويا متساويا يجعله في اتجاه مماس للمحيط الذي يكون للسطح
المذكور فكلما يضع المقراض في محل يرسم بواسطة مخروطات ويحدث عن مجموع
هذه المحاريط المصنوعة بنقل الآلة قليلا قليلا واتجاهاها عدة مناطق
مخروطية مماسة لسطح الدوران في سائر جهاته وتلك المناطق مظروفة
في المحاريط وناشئة عنها

وقد تكون جلب البراميل والصواري المجمعة بمحاريط مماسة لسطوح الدوران
المستعملة في الصواري والبراميل

ومن الطرق المتنوعة المستعملة في رسم السطوح ما يزيد في استطالة اى جهة

من الجهات وزياتها على اصلها قليلا او كثيرا فتقل منفعتها او تكثر على حسب ما تقتضيه ضرورة نتائج الصناعة

ولنتكلم الآن على السطوح المكنتة التي يمكن صنعها بثني بعض خطوط توصل بها السطوح المراد جعلها مكنتة فنقول

لنفرض خيطا غير قابل للامتداد يذيل على محور اسطوانة او مخروط مستدير او غير ذلك من سطوح الدوران ونفرض ايضا ان المطلوب ربط مركز اى كرة بهذا الخيط يكنتها اسطوانة على وجه التماس او مخروط او غير من سطوح الدوران ثم ثني الخيط المذكور على حسب خط منحن فلا يكون السطح المكنت للجميع الا كره على شكل اسطوانى ولا مخروطى ولا اى سطح دوران كان وانما يكون سطحا مركبا من جملة دوائر كل واحدة منها تكون مشتركة بين الاخر والسطح المكنت

ومضى اثني محور الاسطوانة كان السطح المكنت مصنوعا من جملة دوائر مساوية للدائرة الكبرى من الاكر المتساوية التي كانت في مبداء الامر محاطة بالاسطوانة المذكورة ثم ان مستوى هذه الدوائر كلها عمودى على المنحني الحادث عن المحور المثني ومركزها موضوع على هذا المحور

ثم ان اعوجاج الملق هو من قبيل السطوح المكنتة يتكون اولا من اثناء محور الاسطوانة على حسب محيط شكل حلزوى اسطوانى وثانيا من غلاف جميع الاكر المتساوية التي مراكزها موضوع على هذا المحور وكذلك القبة المستديرة من السلام الدائرة المنعطفة تكون غلافا للاكر المتساوية التي مراكزها على محيط شكل حلزوى تكون درجه مساوية لدوج السلم

وعند برم الحبال ذات البتوت الثلاثة التي كل بت منها على حدة يكون ايضا البرم غلافا للمسافة المقطوعة بالكرة التي مركزها تابع للنقط الحلزوى المرسوم في وسط البت

ومن دود الحرير وغيره من الهوام ما هو متركب من حلقات قصيرة شكلها

اسطواني ومقاصله تنكسر وتبسط على حسب ارادته وعندئذ تنفي هذه الهوام
يترأى ان جسدها لا يبقى على صورة واحدة ومع ذلك فلا بد ان يكون على صورة
سطح من السطوح التي نحن بصدددها

واذا نفي محورا لاسطوانة القائمة المستديرة على حسب دائرة انقلب الى سطح
دوران وهو السطح الخلق الذي تقدم ذكره في الدرس الحادي عشر وذكرنا
مستطيه وكيفية رسمه

والسطوح المحيطية بكرة نصف قطرها واحدا لا يتغير خاصية وهي انه اذا تقطعت
اجزاؤها كل على حدة بسطح مستو عمودي على المصنعي الذي هو محل مراکز
الكرة حدث عن ذلك شيئا ن احدهما ان المستوى يكون من سائر جهاته عمودا
على الغلاف والثاني ان القطع يكون متحد القدر لانه هو الدائرة الكبرى للازك
المتساوية

وانا اريد تبسيط مقدار من الماء في قناة ذات قطوع مستديرة لزم ان يكون قطع
القناة واحدا من جميع جهاته اذا اريد سيره على حركة واحدة في جميع اتجاهه
بحيث لا يعترضها اختناق ولا توقف في اى مكان كان وينبغي حينئذ ان يكون
سطح القناة المذكورة غلافا للكرة التي نصف قطرها ثابت وينبغي ايضا ان يكون
قطع القنوات المعدة لجريان المياه على شكل منحنى او مضلع مسطوح ثابت
لا يتغير وكذلك ينبغي لاجل انتظام ذلك وسهولة العملية ابقاء القطع على شكل
واحدا معدا الا ما كن التي يتعذر فيها ذلك لوجود مانع لا يمكن ازالته

وسنذكر في الكلام على مراكز الثقل في الجلد الثاني (عند ذكر الآلات)
طريقة سهلة في تحديد حجم الاجسام والابعاد المحددة بسطوح القنوات التي
يبنّا حدها قريبا واتخاذ كنهها طريقة مختصرة سهلة المأخذ مضبوطة كثيرة
الاستعمال في الفنون فنقول

قد يصنع الحداد والمرصاني وصانع الزجاج وصانع القرفوري والنحاس من
محصولات صنائعهم اشياء كثيرة على شكل سطوح القنوات فانهم يصنعون
اولا مناشيرا واسطوانات مصمتة او مجوفة ويجعلون لها انواع انعطاف وغرضهم

من ذلك ان تبقى الاجسام التي يفتونها بهذه الكيفية على شكلها الثابت الذي عليه القطوع المعترضة

ومن هذا القبيل الذي نحن بصدده الابزيمات والحلقات والاطواق المتخذة من الحديد والنحاس وغير ذلك وبريمات السدادات واليايات التي على شكل حلزوني والقصبات الملتفة لفا منحنيا والانابيب وزجاجات البارومتر واوردة الاجسام البشرية

وقد ذكرنا في الكلام على تقاطع السطوح انه يمكن رسم السطوح المضاعفة الانحناء بالحلقات والخريجات الاسطوانية والخرطوية كخزف الاعمدة مثلا وانما ينشأ عن هذه الطريقة في السطوح القنوية خلل وهو ان جهة الطول تكون غير متصلة ببعضها وان القطوع في الجهة المعترضة تكون غير ثابتة وهنالك مدن يصنع فيها السكك الحديدية والنحاسون المفاصل المعدنية صناعة مخصوصة فيجعلون لها المنحناء مضاعفا ويبقون قطرها على انتظامه واستمراره في جميع اجزائه وسككها مديسة لكون في هذا المعنى امهر من سككها مديسة باريس

ثم ان مهندسي القناطر والجسور لهم في رسم الاجزاء المنصية من قنواتهم قواعد هندسية مخصوصة والقصد منها ابقاء القناطر على شكلها الثابت وجعل صورة الاشياء التي يرسمونها عودية من جميع الجهات على سطح القناة وعوضا عن ان نفرض ان سطح الجسم الثابت يقطع بعض مسافات يطلب البحث عن غلافها اقراض ان السطح المتحرك يتغير مقداره بدون تغير شكله والاسهل في ذلك الكرة التي تكلمنا عليها في (شكل ١٦) لان نصف قطرها يتغير بخلاف مركزها فانه يقطع خطا مستقيما وقد تقدم لنا ان الغلاف هو سطح دوران وان كل كرة يحسبها سطح الدوران المذكور على حسب اى دائرة لان هذه الدائرة متوازية ويحدث عن تعدد الدوائر المتوازية سطح الدوران

ولنفرض الان ان مركز هذه الكرة ثابتة على محور سطح الدوران فنحنى هذا

المحور على حسب خط منحن اياما كان فيختلف عظم الغلاف الذي حدث
في الاكر باختلاف تقس الاكر المذكورة الا انه يمس ويحيط دائما كل كرة على
حسب الدائرة وفي الكائنات كثير من نوع هذه السطوح

فان الثعبان اذا امتد على الاستقامة كان شكله سطح دوران شبيها بـ سطح
الضروط الممتد وكلما تثنى عرض لسطح جسمه شكل جديد ومع ذلك فيحدث
عنه دائما غلاف بجملة من الاكر التي يمكن للانسان ان يتصور انها محاطة على
وجه التماس بـ سطح جلده

ولما كان شكل الثعبان له اثنتان وتعميمات قلده ارباب الفنون حيث
جعلوا على شكله آلة المويسقي التي تسمى بالسربان (شكل ١٧) والنفير
(شكل ١٨) وغير الصيد (شكل ٢١) وبريمات السدادات وغيرها
فاذا فرض ان الثعبان يثنى على شكل حلزوني بحيث يكون ذنبه مركزا
كافي (شكل ٢٠) كان سطح جلده مشابها لسطح كثير من الصدق على
اختلاف انواعه

ثم ان اغلب اطراف قرون الحيوانات على شكل سطح من السطوح المذكورة
(شكل ٢٢)

وقد جعل ارباب الفنون على شكلها جملة من الات المويسقي كنغير الجيوش
الخفيفة فان سطحه من هذا النوع وكذلك بوق انعكاس الصوت فانه ايضا على
هذا الشكل

ولاجل صناعة آلات الالحان التي نغماتها جامعة بين الدقة واللطافة يلزم
ان يكون سطحها المنحني ممتدا ومتناسقا وعليه فيجب ان ينتخب لصناعتها طرق
تبقى هذا التناسق في جهة الطول التي بموجبها يندفع الهواء في الآلة وفي الجهة
المعترضة التي يكون القطع فيها دائما مستديرا

وقد تستعمل الطرق المتنوعة التي ذكرناها في عمل جملة من السطوح لمعرفة
صحيح الطرق المستعملة عند صناعات آلات السابقة من فاسدها وتبديلها
في الغالب بطرق آخر اصح واضبط منها

(بيان اجراء عملية الصقل والجلي وغير ذلك)

لا يمكن ان تقتصر في القنون على ان تحصل بواسطة الطرق البديعة صحة الاشكال سواء بلغت الغاية اولابل ينبغي ان السطوح المصنوعة بهذه الطرق ولو كان الغرض منها مجرد سرور الناظر تكون متناسقة مصقولة بحيث يكون انتظام ذلك وروقه مستلزما لزيادة قيمة محصولات الصناعة ومن ثم ظهرت العمليات الاخيرة المستعملة في جلة من القنون للصقل والجلي وغير ذلك ولهذا العمليات عند اجرائها حركات يرسم فيها الجسم الصقل سطوحا مماسة للجسم المراد صقله بحيث يكون الجسم الاخير غلافا للمسافات المقطوعة بالجسم الاول

واذا اقتضى الحال جلا مسورة بندقة فالتأضع قطعة خشب مستوية جيدة الصقل مماسة لاضروط الناقص الذي هو عبارة عن ظاهر البندقة ونسبها على حسب اتجاه اول ضلع من المخروط فتكون حينئذ المسافة المقطوعة هي المستوى المماس للمخروط وتكرر هذه العملية في سائر اضلاع المخروط يكون ذلك المخروط غلافا لجميع المستويات المماسية فاذا نيم جلاء البندقة

ولاجل صقل الكرة نضعها في اسطوانة بحيث يمكن تقديمها وتأخيرها وتقليبها على سائر جهاتها ولا مانع من وضعها على دولاب يمر محور بمركها ثم نديرها تحت آلة صقل مستوية نوضع تدريجا في مواضع مختلفة مماسة لهذا السطح فهذه الكيفية تصقل الكرة بواسطة المخاريط التي غلافها تلك الكرة

وتصقل المرآة الكبيرة بمسحها بسطوح يكون مستويها المماس في جميع اوضاعها هو المستوى المراد صقله ومن هنا القبيل انواع الزجاج المستوية او الكروية المستعملة عند صناعات آلات النظر في عمل آلاتهم

واذا مسح فجار السفن واصلح بقدمه جانب السفينة فانه يزيل كلما ضرب بهذه الآلة الخشب الزائد على حسب شكل سطح دوران مماس للسطح المراد تصليحه اعني سطح السفينة المصقول ويكون هذا السطح في الحقيقة غلافا لسطوح الدوران الحادثة من ضرب القدوم

واعلم ان ما ذكرته لك وان كان موجرا مختصرا جدا الا انه يكفي ارباب الفنون ان يستنبطوا منه ان الاشكال الهندسية التي تميز الخطوط من السطوح يطبق عليها بدون واسطة العمليات المتنوعة المهمة في اغلب الفنون وانه لعدم التفاتنا الى اشكال المحصولات الطبيعية والصناعية لم نساها وفيها الاشكال الهندسية وخواصها وطرق الرسم واجراء العملية التي تنتج عن هذه الخواص التي لا تحلو عن مدلول

ومضى التفت الصانع بالكلية الى تلك القاعدة الناشئة عن النظر في صور الاجسام تفرغ لعرفتها وداوم على تذكارها بحيث لا يمكنه تركها او اهمالها فعند ذلك يعتنى بالبحث عن محصولات صنعته كما يعتنى الطبيعي بالاشياء الطبيعية وما احتوت عليه ويلتفت اليها التفاتا كلييا فيعرف النسبة بين ما عرض عليه من الاشياء الجديدة وبين ما مثلها من الاشياء المعروفة عنده من قبل ويعرف ايضا ما بينها من الاختلاف الذي يعينه على التمييز بين انواعها وافرادها وهذا التفرغ والالتفات ليس مقصورا على مجرد ميل النفس ونولها بذلك بل يترتب عليه نتائج مهمة جدا تكمل بها الصناعة ويمكس الاخبار بوقوعها قبل اوانها

ولا يمكن الوصول في اي فن من الفنون الى غاية الكمال الا بالمدامة على ممارسة قواعد الرسم الهندسي الصحيحة فعلى ارباب الصنائع ان يبذلوا جهدهم في معرفة طرق الرسم المبينة في كتب الهندسة الوصفية فيصلون بها الى معرفة براهين الخواص المفيدة التي لم اعرض في كتابي هذا الا ذكر روس مسائلها وهر سكرانه لولم تقتصر معرفة الهندسة الوصفية ورسم الخطوط في فوريقات الافرنج وورثهم لبقيت صنائعهم على حالتها الاصلية ولم تتسع دائرتها ولم تصل الى هذه الدرجة التي هي عليها الان

(الدرس الخامس عشر)

في بيان انحاء الخطوط والسطوح

اذ فرض اننا سير على خط مضمن ناظرين دائما الى اتجاه الخط الخامس لهذا

المنحنى بالنظر للنقطة التي يكون فيها الانسان فانه لا يكتفي ان نستمر على السير الى جهة الامام بل يلزم الانعطاف في كل وقت جهة الخط الداخلي من الخط الواقع عليه السير فاذن يكون انحناء هذا الخط مناسباً لمقدار الانعطاف المنتظم في كل مسافة صغيرة تم عبورها

واذا سرنا على الدائرة لاجل قطع اقواس متساوية فانه ينبغي الانعطاف بمقادير متساوية فاذن يكون انحناء الدائرة على حالة واحدة في جميع اجزائها

واذا سرنا بالتوالي حول دائرتين غير متساويتين (شكل ١) وكان نصف قطرهما r و R وكان $r = 14$ و $R = 3 \times 2 = 6$ هو مساحة محيط الدائرة الكبرى وكان $r = 14$ و $R = 3 \times 2 = 6$ هو مساحة محيط الدائرة الصغرى الا انه اذا قطعنا دائرتين متساويتين ناداً تماماً حول محيطها فان مقدار الدور

يكون 360° فاذن تكون النسبة بين انحنائى θ و ϕ للدائرتين

$$\text{كنسبة } \frac{360^\circ}{r \times 3 \times 2} : \frac{360^\circ}{R \times 3 \times 2} \text{ او } :: \frac{1}{r} : \frac{1}{R}$$

فلذا كان محيط الدائرة الصغرى (شكل ١) هو اكبر انحناء من محيط الدائرة الكبرى بالنسبة المنعكسة بين نصف القطر الاصغر ونصف القطر الاكبر فاذن تكون النسبة بين انحنائى الدائرتين كنسبة نصفى قطريهما المنعكسة فمن ثم كان كلما كبر نصف القطر صغر انحناء الدائرة حتى يصير غير محسوس * (بيان اجراء العملية في انحناء الارض) *

حيث ان نصف قطر الارض يزيد على ستة ملايين من الامتار كانت دائرتها الكبرى اقل في الانحناء بنحو مليون من دائرة نصف قطرها ستة امتار وتكون ايضا اقل بنحو ستة ملايين من دائرة كجبله عربة فلذا ترى انحناءها غير محسوس في المسافات الصغيرة ولا يمكن ادراكه الا في البحار والسهول الواسعة

ثم ان معرفة انحناء الارض يتوصل بها لقياس ارتفاع الجبال والسواحل على وجه التقريب اذا علمت المسافة بين هذه الاماكن والنقطة التي يكون فيها الراصد

ولنفرض مثلاً ان AB هو نصف قطر الارض وان CD (شكل ٢)

هو الجبل الذي رأسه $\overline{د}$ تغيب عن عين الراصد المنتقل منها إلى نقطة $\overline{ب}$
 فتق علينا مسافة $\overline{ب ث}$ بعد نصف قطر $\overline{ا ث}$ $\overline{د}$ امكن معرفة قياس
 مسافة $\overline{ث د}$ فانما كانت زاوية $\overline{ا ب ث}$ صغيرة جدا كـ $\overline{ا ب قوس}$
 $\overline{ب ث}$ مساويا على وجه التقريب الكلى للعمود النازل من نقطة $\overline{ب}$
 على $\overline{ا د}$ وينتج هذا التناسب وهو

$$\overline{ا ب} : \overline{ب ث} :: \overline{ب ث} : \overline{ث د}$$

اعني ان نسبة نصف قطر الأرض إلى المسافة $\overline{ب ث}$ التي بين الجبل
 والنقطة التي فيها الراصد كنسبة هذه المسافة إلى ارتفاع $\overline{ث د}$ من الجبل
 وبناء على ذلك يكون $\overline{ث د} = \frac{\overline{ب ث}^2}{\overline{ا ب}}$

وبقي عرف البصارة بطريقة على عكس الطريقة السابقة ارتفاع $\overline{ث د}$
 الذي هو ارتفاع صار من صواري السفينة أو أي جزء منها عرفوا مسافة
 $\overline{ب ث}$ التي بينهم وبين هذه السفينة ومثل ذلك مهم جدا في مدة الحرب
 فقد ذكرنا آتانا نصف قطر الدائرة هو مقياس المنحناء محيطها ونذكر هنا
 انه يستعمل ايضا لقياس المنحناء الخطوط المنحنية فان قياسه بواسطة الخطوط
 المستقيمة من ابداع المخترعات الهندسية لما في ذلك من الايجاز في العمليات الخاصة
 بالانحناء فنقول

اذا فرض ان خطا منحنيا كخط $\overline{ا ا ا ز}$ (شكل ٣) هو المراد معرفة
 انحنائه فالتساونا أخذ قطعه المتجاورة جدا ثلاثا ثلاثا ثم رسم من ثلاث نقط
 متواليه مثل $\overline{ا و ا}$ و $\overline{ا د ا ث}$ التي يكون انحناءها
 كالمنحناء خط $\overline{ا ز}$ المنحني في قوس $\overline{ا ا ا}$ الصغير ويمكن اجراء هذه
 العملية في أي نقطة كانت ولنسين بهذه الطريقة الدوائر التي يكون انحناءها
 كالمنحناء الخط المنحني في سائر نقطها وانصاف اطوارها فنقول

كل دائرة مثل $\overline{ا ب ث}$ كان انحناءها في نقطة $\overline{ا}$ كالمنحناء خط $\overline{ا ز}$
 تسمى دائرة ماسة تقر يية من هذا الخط المنحني ونصف قطرها هو نصف قطر

الاشعاع ومركزها مركزه

وحيث ان نصف القطر عود على محيط الدائرة في نقطة \bar{A} وليس هناك فرق بين محيطها في نقطة \bar{A} و \bar{A} ومحيط المنحنى فانه ينتج من ذلك ان نصف قطر الاشعاع عود على المنحنى وانه مقياس انحنائه

ولنفرض اننا مددنا من قطب مختلفة كنقط \bar{A} و \bar{A} و \bar{A} (شكل ٤) الشديدة القرب من بعضها خطوطا عمودية على منحنى \bar{A} و اخذنا طولها كطول \bar{A} و لنصف قطر الاشعاع في نقطة \bar{A} وطول آخر كطول \bar{A} و لنصف قطر المنحنى في نقطة \bar{A} وطول ثالثا كطول \bar{A} و لنصف قطر الاشعاع في نقطة \bar{A} وهكذا فيشأن تقط \bar{A} و \bar{A} على قوس الدائرة التي مركزها نقطة \bar{O} وينتج $\bar{O} = \bar{A}$ و \bar{O} وذلك ينتج ايضا ان $\bar{O} = \bar{O}$ وان $\bar{O} = \bar{O}$ و \bar{O} وهم جوا

واذا اقبلنا في نقطة \bar{A} التي هي نهاية خيط غير قابل للامتداد وشددنا هذا الخيط على حسب اتجاه \bar{A} وعلى حسب المحيط القروض بلقط \bar{O} و \bar{O} و \bar{O} الخ التي هي مراكز انحناء \bar{A} ثم قربنا نقطة \bar{A} بشدة الخيط المذكور من غير ان يتجاوز طول \bar{O} و \bar{O} وهم جوا فان جزء الخيط وهو \bar{O} يرسم قوس دأر صغيرا مثل \bar{A} يكون بتمامه على منحنى \bar{A} حيث ان مركزه هو مركز الاشعاع وهو \bar{O} من خط \bar{A} واوله من نقطة \bar{A}

فاذا وصل هذا الخيط الى نقطة \bar{A} صار مشدودا شدًا مستقيما من \bar{A} الى \bar{O} واذا قد مننا نقطة \bar{A} لتمر من \bar{A} الى \bar{A} فان الخيط المشدود شدًا مستقيما من \bar{O} يرسم قوس دأر مثل \bar{A} يكون مركزه نقطة \bar{O} فاذا مررت ايضا نقطة مثل \bar{A} من \bar{A} الى \bar{A} فانها ترسم قوس \bar{A} يكون مركزه في نقطة \bar{O} وهكذا

فعلى ذلك اذا عرفنا جلة تقط شديدة القرب من بعضها كنقط \bar{O} و \bar{O} و \bar{O} الخ التي هي مراكز انحناء خط \bar{A} فانه يمكن ان نرسم بالسهولة منحنى \bar{A}

بواسطة خيط قابل للاقتناء وليس قابلا للامتداد وتزداد هذه القاعدة صحة
وضبطا كلما قربت ابعاد المراكز وهي $و$ و $و$ و $و$ والخ من بعضها وتكون
على اتم الوجوه اذا تعاقبت هذه النقط بدون فاصل وكانت على صورة خط
منحن مستمر

ثم ان الطريقة التي ذكرناها وان كانت قاعدة تقريرية الا ان رسم مضمنى ا ز بها اصح وادوم اتصلا لما اذا بدلتنا بهذا المضمنى بمضلع مصنوع باو تار ذلك المضمنى او بمماساته وبواسطة هذا الرسم الجديد تكون جميع اقواس الدائرة التي اقيمت محل مضمنى ا ز متواقة في الطول ولا يوجد في هذه الصورة زوايا كما في رؤس الاشكال المضاعة ولا اضلاع مستقيمة تقوم مقام بعض الاجزاء المحنية فن تم ينبغي ان نستعمل الطريقة الجديدة في تحصيل شكل المضمينات التقريرية التي كلما كان اتصال الاقنساء ضروريا جذا تعذر وضعها مع غاية العتمة والضغط

وقد سبق لنا الخط أو و الخ يشذ حين ترسم نقطة أ التي هي نهايته
خط أ ز المضي فإنا اخترنا منضى و ح خ . . . س الذي تقطعه
النقطة المبينة من مبداء الامر على هذا الخط رأينا س و م يساوي
الطول الكلي لجزء الخط المتثنى من مبداء الامر على حسب و و و . . . وم
ويطلق خط الانتشار على كل خط منضى مثل و ح خ س الذي به ينتشر
منضى آخر مثل و و و . . . وم بحيث يكون طوله مساويا لنصف قطر
المحساء و و و ح و د ن ج في الى س و م من منضى
و ح خ س

ثم ان خطوط الاشارة تستعمل كثيرا في القنون لاسيما خط اشارة الدائرة
(شكل ٥) فان ارباب الميكانيكة يستعملونه في قطع اضراس آلاتهم على
وجه مناسب

ولنفرض ان مدق \overline{AB} (شكل ٨٧ و ٨٦) يكون موضوعا في مجرى بحيث يكون في صعوده ونزوله على خط قائم بمحدد والمطلوب هنا بيان كيفية

رفع وتزليه فنقول

لأجل ذلك نضع عمودا اسطوانيا اقيا مثل ث يمس على وجه التماس مبيتة بارزة مثل د ه اسفلها على صورة خط مستقيم متصل بمركز العمود عند نزول المدق الى تقطعه السفلى (شكل ٦)

ونعين على محيط العمود قوس و ح ز من خط الانتشار لمحيط و و و و للدائرة المستعملة قاعدة للعمود

فاذا دار هذا العمود فان نقطة و تصل من مبداء الامر الى الوضع الذي كانت تشغله نقطة و وفي هذه الصورة يكون محاس و ح من الدائرة قائما (شكل ٧) فاذن ينبغي ان مبيتة د ه التي تجذب معها المدق ترتفع ارتفاعا مساويا لارتفاع و ح فاذا استمر العمود على دورانه فان نقطة و تصل لموضع و الاصلى وحينئذ ترتفع المبيتة والمدق ارتفاعا يساوى و ح وبالجملة فباستمرار العمود على الدوران تصل نقطة و للموضع الاصلى من نقطة و (شكل ٨) ويصير و ر قائما فاذا انعدم ما يجزى المبيتة انقطع دفعها المدق عن السقوط لثقله فتقطع حركته حتى ينتهي دوران الجملة ثم ترفع المدق ثانيا

وقائدة هذه الحركة كونها تحصل بدون اضطراب وتستمر على قوتها كما سيأتى في الميكانيكة وقد تكلمنا في الدرس الثالث عشر على المنحنى المسعى بالقطع الناقص الذي له مدخلية كبيرة في العمليات وحيث ان هذا المنحنى وهو ا ب ث (شكل ٩) متماثل المحورين فان خط اتسارته وهو د ه ف يكون ايضا متماثلا بالنسبة للمحورين المذكورين ثم ان اكبر انحناء القطع الناقص يكون في نهاية محوره الاكبر واصغر انحناءه يكون في نهاية محوره الاصغر

واذا اردنا رسم قطع ناقص كبير (شكل ٩) يكون عمدا ومتواصلا امكن ان نرمس الخط المنتشر وهو د ه ونرسم ايضا ا ب ث بواسطة خيط ايا ما كان او بشاقول ينتهي تارة على حسب د ه وتارة على حسب

ف

ومن المهم ان تذكر لثانته ولورمها مع منتشر **د ه ف** شكلا مضلعا اي
 عدة خطوط ينشأ عنها عدة زوايا فان المنحنى **ا ب ث** لا يرى في سائر
 جهاته جزء مستقيم ولا زاوية وانما **ب ك** كون له شعبتان لا يوجدان في خط
د ه ف ويكون المنحنى الذي خط انتشاره **ا ب ث** اتصال اكبر من
 المنحنى المذكور لان انصاف اقطار المنحنائه تزيد وتنقص على التسديد
 ولتعاقب انصاف اقطار منحنى **ا ب ث** بدون اتصال كما في رسم المنحنى
 المسمى باذن القفة رابع الدرس الرابع (شكل ٢٦)

فمن هنا تعلم ان الاتصال على انواع مختلفة لا بأس بايرادها هنا فنقول

اولا يمكن رسم خط منحنى (شكل ١٠) بواسطة عدة قطع منفردة قريبة من
 بعضها جدا كالخطوط المنقطعة التي تستعمل في الرسم وكالاتجاهات المعينة
 بصغوف اتجاه مغروسة على ابعاد مختلفة الطول بموجب الخطوط المستقيمة
 او المنحنية التي يتصورها الانسان مع السهولة انا كان لهذه الخطوط المنحنية نوع
 اتصال غير ان الاتصال هنا يدل عليه عدة قطع كما يرعى اليه بالارهاق في الجداول
 التي يعرف بها وضع جلة قطع خط منحنى ومثال ذلك رسم قارب السفن

ثانيا يمكن ان ترسم خطا منحنيا بواسطة عدة خطوط مستقيمة تكون او تارة
 لهذا المنحنى مثل **ا ا** و **ا ا** و **ا ا** الخ (شكل ١١) او خطوطا
 عماسية مثل **ا ا** الخ (شكل ١٢) وفي هذه الصورة الثانية يكون
 في تعاقب النقط اتصال لا يوجد في الاتجاه بحيث يتغير الاتجاه في كل
 رأس مثل **ا** و **ا** و **ا** من الشكل المضلع تغيرا غير محسوس

ثالثا يمكن ان تبدل الخط المنحنى بعدة اقواس دوائر كما قواس **ا ا** و **ا ا** و **ا ا**
 (شكل ١٤) التي نصف قطر المنحنائها يكون تقريبا عين نصف قطر الخط الذي
 ابدل تلك الاقواس وفي هذه الصورة يكون في تعاقب النقط وفي اتجاهها
 اتصال فاذا كانت الاقواس صغيرة جدا كان الاتصال في اتجاه الخط المنحنى
 وفي المنحنائه وعلى هذا الوجه يرسم المعمارية الصورة الجانية من القباب

المنكسة كما تقدم وكذلك مهندسو القناطر والجسور في رسمهم لعيون القناطر الغير المستديرة

ثم ان الفنون بحسب اهمية عملياتها وما يلزم لها من الضبط الذي عليه مدار نجاحها لا بد فيها من استعمال هذا الاتصال على اختلاف درجاته في تركيبها وحوكاتها فلي نظر المعامل والكرخانات ان يختاروا بحسب اللزوم والاقتضاء الطريقة الجامعة لشروط السهولة والاختصار والضبط التام

ولابد ان يترك طريقة ميكانيكية يستعملها مهندسو السفن اذا ارادوا تجسيم اتصال الاتجاه والاختصاص من الخطوط التي بواسطتها يحددون ويعمرون شكل قارين السفن وحاصلها انهم يعينون النقط المنفردة التي يتر بها الخط المنحني ثم يضعون المسامير من جهتي النقط المذكورة على بعد بحيث يمكن ثني المسطرة الرقيقة ووضعها بين المسامير المزودة و بالجله فينبغي ان ترسم بقلم الرصاص الخط المنحني المبين بطول المسطرة المثنية بحيث يتر بسائر النقط التي هي ١ و ٢ و ٣ الخ (شكل ١٣) ولا بد من ممارسة هذه العملية مرارا عديدة قبل اجرائها ليكون رسم انحناء الخط من اوله الى آخره على وجه تدريجي غير محسوس بحيث يرى فيه قدر الاتصال الذي يعين على اصعاف المقاومة التي تحصل للمياه عند مرورها بطول القارين وقت سير السفينة فعلى مهندس السفن ان يطالعوا الاشكال الهندسية فان لهم فيها فائدة عظيمة توصلهم الى هذا الغرض وتكسبهم اصاله الرأي وسرعة التمييز

ولا يلبق الا ان تستعمل طريقة رسم الصور الكبيرة في رسم الصور الصغيرة المنقولة على الورق بل تبدلت المساطر الكبيرة المنقذة من الخشب بمساطر صغيرة متخذة من رياش القيطس منها ما يكون سمكه واحدا ويستعمل في رسم الخطوط المنحنية التي انحناءها لا يتغير الا بمقدار قليل ومنها ما هو مرقق شيا فشيئا في احد طرفيه او الطرفين جميعا ويستعمل في رسم اجزاء الخط المنحني الذي يتقص انحناءه كذلك شيا فشيئا من طرف الى آخر ثم ثني هذه المساطر بحيث يتر محيطها بالنقط المعينة على المستوى لما انها تقط المنحني المطلوب الذي يرسم بقلم

رصاص يسند على المسطرة الثنائية على شكل خط مضمّن ولاجل سهولة
الرسم على الورق ابدلوا ايضا ماسير رسم الصور الكبيرة الشبيهة بالصور التي
يرسمها مهندسو السفن في عنابر الجيديات وهي محيط القارين المنتصب بقطع
رصاص مصنوعة على شكل المثلث ومستوية بالورق او القماش كقطع ح
و ح و خ الخ (شكل ١٤)

و يستعمل غالباً الرسامون في رسم خطوط منحنية تمر بقط معلومة آتة يسمونها
طبخة لاتما على شكلها الرموزة بهذه الاحرف وهي **ا ب ث د ه**
(شكل ١٥) ولما كانت هذه الآلة متنوعة الانحاء امكن ان نضعها
في اغلب الصور بحيث ترسم بالتدريج شكلاً مجرداً عن الزوايا يكون انحناءه
متوالياً بدون أن يكون فيه خروج

والى الآن لم تكلم على الانحاء الخطوط المرسومة في مستوي واحد كالخطوط
التي نسمي بذات الانحاء المقرود ولكن هنالك خطوط لا يمكن رسمها على مستوي
واحد لازدواج انحنائها كالخطوط الحلزونية المرسومة على الاسطوانات
والخاريط ونحو ذلك ولنتكلم عليها فنقول

اذا اريد رسم الخطوط ذات الانحاء المزدوج كذات الانحاء المقرود فلا مانع
ان نأخذ دائماً النقط المتتالية بدون فاصل التي تتركب منها الخطوط المذكورة
ثلاثاً ثلاثاً ثم نزيد دائرة من كل ثلاث نقط تكون هذه الدائرة هي دائرة المنحنى
المماسية التقريبية لسائر امتداد المسافة الصغيرة المنحصرة بين النقط الثلاثة واذا
اطلق السطح المماس التقريبي فالمراد به سطح الدائرة المماسية التقريبية ولا يمكن
ان تكون دائرة اخرى اقرب من ذلك الى المنحنى المزدوج الانحاء وذلك من مبدء
المسافة المعتبرة * وبواسطة طريقة المستويات والدوائر المماسية التقريبية
يمكن لارباب الفنون ان يرسموا باجتماع عدة اقواس دائرية متعادلة على
وجه التماس سائر الخطوط المزدوجة الانحاء ويكون هذا الرسم على وجه
التقريب والاتصال التام

وهناك ملحوظات لطيفة جيدة في شأن انحاء الخطوط السابقة غير انها ليست

من المبادئ وأصولها ~~تكثر مدخلاتها~~ في عمليات الصناعة العادية فلا وجه
لإيرادها

وأما انحناء السطوح فهو بعكس ذلك اعني انه متواتر جدا لا يستغنى عنه
في عمليات الصناعة

* (بيان انحناء الكرة) *

الكرة هي سطح يسهل قياس انحناءه وبيانها * وذلك بان تأخذ على الكرة نقطة ما
كنقطة A (شكل ١٦) ونحّد من نقطة A والمختارة مركزا نصف قطر
 AO فيكون نصف القطر المذكور قياس الانحناء في نقطة A لساير
القطاعات الحادثة في الكرة عن مستو يشتمل على نصف قطر AO ويكون
ايضا قياسا لانحناء الكرة وهو كما ترى الانحناء ثابت في ساير جهات السطح وفي جميع
نقطته فمن ثم ينتج ان كل نصف قطر كرة يكون نصف قطر انحنائها ونصف قطر
القطاعات الحادثة عن مستو يشتمل على نصف القطر المذكور

ونصف قطر انحناء الاسطوانة القائمة المستديرة بالنظر لقاعدتها هو عين نصف
قطر الكرة التي تكسبتها تلك الاسطوانة او تمسها بحسب محيط قاعدتها وأما
بالنظر لضلعاها وهو AB (شكل ١٧) فلا انحناء لها اصلا بحيث
اذا سئل عن طول نصف قطر الدائرة المماسية التقريبية للاسطوانة بالنظر
لضلعاها يجاب بأنه غير متناه

ومن هذا القبيل الخروط القائم المستدير فان نصف قطر انحنائه من جهة
قاعدته هو نصف قطر الكرة التي يكسبتها بخلافه من جهة ضلعه فانه
لا انحناء فيه

وبالجملة فباني الاسطوانات والخاريط على اختلاف انواعها وكذلك جميع
السطوح المنتشرة ليس لها انحناء من جهة اضلاعها المستقيمة الزوايا بخلاف
جهتها العمودية فلها انحناء متفاوت في الظهور

ويظهر لك من الاسطوانات والخاريط ان مركز انحناء القطاعات الحادثة بواسطة
نصف قطر AO من القاعدة (شكل ١٧ و ١٨) يكون في داخل

السطح المنحني فعلى ذلك تكون انصاف اقطار او و او و او الخ
متجهة في جهة واحدة وموازية لبعضها في امتداد ضلع
من السطوح المخروطية والاسطوانية

وليس السطوح المعوجة من هذا القبيل * مثلاً اذا قطرت الى السطح المعوج من السلم رأيت فيه من جهة تجويف الانحناء الى اسفل ومن اخرى اعنى المحطة العمودية الى اعلى

ثم ان ما يوجد في حلق طيارة البكرة (شكل ١٩) من الانحناء القليل نراه متجهاً في الجهة العمودية على محور الطيارة ويكون مركز ذلك الانحناء موضوعاً على نفس هذا المحور بخلاف ما في الجهة الموازية للمحور فان المركز العظيم الانحناء من حلق الطيارة يكون في نقطة د التي على بعد واحد من تقاطع ح و ج التي هما طرف حلق الطيارة المذكورة

فن هنا نظهر ان السطوح بالنظر لافئتها على ثلاثة انواع
ففى النوع الاول يكون اتجاه الفناء المخطط الذى يمكن رسمها على اى سطح كان
متجهافى جهة واحدة ويدخل تحت هذا النوع الكرة والمجسمات الناقصة
والسطوح المتساوية وما اشبه ذلك

وليس في النوع الثاني الاجهة واحدة انحنأ وها ظاهراً واما الجهة الاخرى فهي خالية عن الانحناء بالكلية ولا يدخل تحت هذا النوع الاسطوح المنتشرة والاسطوانية والمخروطية وما اشبهها

ويوجد في النوع الثالث جزؤ من الانحناء متجه في جهة والجزء الاخر في الجهة
المقابلة لها بحيث اذا مددنا من نقطة معلومة من السطح خطا عموديا على السطح
المذكور فانه يوجد على الخط العمودي المذكور من احدى جهتي السطح جزء
من مركز انحناء القطع والجزء الاخر يوجد من الجهة الاخرى

وهذه الانواع المذكورة توجد في ظاهر الجسم البشري على اختلاف شكل اجزائه فمن النوع الاول اشكال اطراف البارزة عن البدن كالعقب والرضفة والركبة والكتف واطراف الاصابع فان لكل منها المخرجين متجهين

في جهة واحدة

واما الفخذ والساق والذراع فهما جزء لا يتجزأ من جهة واحدة فهو من النوع الثاني

ومن المشاهدان مفاصل الاذرع والاصابع والايام وما اشبهها وكذلك مرفق الرأس والجسم بالعنق وغير ذلك من قبيل النوع الثالث ذي الاضلاع المتجهين في جهات متقابلة

ثم ان صافي التماثيل وارباب الرسم يتجزئهم واعتيادهم على رسم صور الاجسام البشرية وملاحظة اعضاء اجزائها المختلفة يظهر لهم فيها تفاوت دقيق فيقدر اجتهادهم في التوفيق بهذا التفاوت تكون صناعتهم مقبولة لدى ارباب المعارف فاذا سلكوا في ذلك مسلك المصبط والجودة كانت صناعتهم بديعة تروق الناظر وتوجب الخاطر والافرت منها قوسهم واستبسعوا

واختفاء تلك الاجزاء المختلفة لتعلق وارتباط عظيم بشكل العظام والاعصاب والعضلات المكسوة بالجلد فيجب حث على الرسام المتبحر في فنه ان يقف على حقيقة الاشكال التي يريد رسمها مع غاية الاهتمام بحيث يكون رسمه مينا لما استقر من اشكال الاجزاء الداخلية التي يمكن رؤيتها

وفي صناعة بعض المصورين خطاين وهو كونهم يجعلون بعض اجزاء سطح الجسم البشري بارزا جدا او مختفيا تحتها شديدا او محجبا بتحديدا مفرطا لتكون الاشكال التشريرية على غاية من البيان مع انها في الواقع دقيقة لا يدركها النظر وما ذاك الا تصنع حلهم عليه التأتني والزخرفة ومثل هذا الامر لا يليق بكبار الاساتيد

ثم ان سطح سيما الانسان لا يخلو عن تغير لطيف منوط بالتأثرات الباطنية دائمة كانت اووقية فاما الاولى فينشأ عنها في اعضاء الاجزاء المتغيرة بل وكذلك في منظر الاجزاء الثابتة اشكال تبقى زمامطويلا وتدرج دقائقها بدوام البحث ومزيد التأمل وذلك كهيات الوجوه وسماء واما التأثيرات الوقية فينشأ عنها في تقاطيع الوجه تغير بين اوغير بين فلذا كلت معرفته من اهم الامور في ممارسة

القنون المستخرجة لكونه على انواع مختلفة يختار منها الاذكياء من ارباب الفراسة
 الاشكال المضبوطة التي هي بالنسبة لما يركبونه اتم من غيرها لياقة الاوصاف
 والاحوال من بشاشة وجوس وغوص الفكر في الدقائق وسوء الطوية
 وهناك مجتأ آخر مستحدث يتعلق بشكل رأس الآدمي لا بأس بإيراده
 فنقول انه زيادة على ما في المختار أي الجسمة الاصلية من الانتظام يرى في محال
 من جاجم بعض افراد من بين آدم تفتيات والمختارات متنوعة بينة وغير بينة
 وهذه الاجزاء سواء كانت قليلة الاختفاء والتعديب او كثيرة تعتبر كأنها علامات
 خارجية يستدل بها على قوة دار النال انسان وضعفه وعلى ميله وطبيعته
 وقد يسمل على من اطالع على هذا البحث ان يكسوه ثوب الهز والاحتقار
 الا ان القطن الباحث عن نوااميس الطبيعة لا يسادر بالافراط في الذم والمدح
 حيث ان هذا البحث الجديد لا بد ان يسلك الانسان في مطالعته مسلك الجد
 ولو صح ان الانسان يتصدى للبحث عن كل شيء ويبين اسبابه للنشأ عن ذلك
 تكثير العلامات المفروضة لانواع الميل والقوى العقلية الا انه يكنى وجود عدة
 قليلة من نسب القوى العقلية تكون علامات متباعدة مختلفة عن بعضها قلة
 وكثرة في شكل الجاجم لتبديد دراسة اختلافات التفتيات في المباحث التي
 يشتغل بتحقيقها فكر العاقل

وللاجزاء التنوعة التي يتألف منها هيكل الحيوانات حجم واشكال مستقيمة
 او مضمية تقبلها قابلية للتحررك قلة وكثرة وهذا موضوع علم جديد يقال له علم
 تشريح الحيوانات وهو علم تضبط انشاء الله تعالى مباحثه ويكون ذلك بمقابلة
 الابعاد الاصلية من اجزاء هيكل الحيوانات على اقيسة هندسية وكذلك اتجاه
 المفاصل من الهيكل المذكور لاسيما الاجزاء المتلاصقة اعني المفاصل
 وكان هذا البحث الذي نحن بصدده يعين على التقدم في العلم المذكور بوجوده
 نتائج عظيمة يعود دفعها على اشغال الصناعة ثم ان الحيوانات عند قضاء شهوتها
 الطبيعية يصدر عنها عمليات على غاية من التمام لاتعلو القنون والحرف على
 المتوسط منها فهي تسلك فيما على منوال الوسائط المتنوعة العجيبة التي اسندتها

الطبيعة الحيوانات الناطقة وغيرها

ثم ان اسنان الحيوانات التي غذاؤها الكلا منتظمة غاية الانتظام لاجل مضغ المواد النباتية وجرشها حتى ان شكل اسنانها لا يعتريه اختلال اصلا مع دوام استعمالها في مضغ الغذاء بخلاف شكل اججار الطواحين فانه يلحقه الاختلال فها سرع وقت فن ثم يضطر الانسان الى تجسيد هذا الشكل غالباً وذلك بفن الاججار وقرها ليحسن الطحن بها ومن هنا يعلم ان نتائج الفنون والصناعة لا تساوى الاثار الطبيعية ثم ان الخواجة مولارد احد اعضاء جمعية العلماء بباريس اشتغل بصناعة آلات الجرش والمضغ وجعلها على صورة اضراس الخيل بحيث لا تحتاج الاضراس المذكورة الى الاصلاح الذي يدونه لا يكمل الجرش

فاذن تقتضى الصناعة قسمها ان المشرحين والمهندسين والميكانيكيين يجتهدون في معرفة ابعاد اجزاء الحيوانات المختلفة واشخاصها ووظائفها ولنتقل الآن من الكلام على هذه الملحوظات العامة المتعلقة باهمية مباحث انحاء السطوح في الصناعة وفي التاريخ الطبيعي اى علم الحيوانات الى الكلام على الخواص الهندسية التي بها تسهل معرفة اصول هذه الانحنيات وتوعها فنقول

يمكن أن نرسم بالنسبة الى سطوح النوع الاول قطعاً ناقصاً واقعاً بالتوازي على سطحه (شكل ٢٠) في $أ ب ث د$ وهذا القطع الناقص من مبدئية $ح$ يكون على صورة جزء من السطح المصنوع بالتوازي لمستوى $م$ المماس للسطح المذكور في نقطة $ح$ والجوارى لمستوى $م ن$ وجيشان $ح و$ هي المسافة بين نقطة $ح$ والمستوى القاطع وهو $م ن$ فانه اذا مررنا من نقطة $ح$ بجملة دوائر $ا ك ز$ ها موضوعة على خط $ح و$ العمودى وكذلك من محيط القطع الناقص حدثت سائر الدوائر المماسية التقريبية للقطاعات المصنوعة في السطح بمستويات الدوائر المذكورة

ويتم اصغر هذه الدوائر برأسي $\overline{ب}$ و $\overline{د}$ من المحور الصغير من القطع
 الناقص ويتم اكبرها برأسي $\overline{أ}$ و $\overline{ث}$ من المحور الكبير من القطع الناقص
 المذكور ويوجد في (شكل ٢٠) مكررا للدوائر الواقعة على مستوي
 واحد ما بعمود $\overline{ح}$ و $\overline{ح}$ الذي في (شكل ٢٠)
 فاذن ينتج انه في سطوح النوع الاول التي انحناؤها على اتجاه واحد يكون
 اتجاه الانحناء الاكبر وهو $\overline{أ ب}$ عوديا على اتجاه الانحناء الاصغر
 وهو $\overline{ث د}$

فعلى ذلك يكون اتجاه الانحناء الاكبر في جميع السطوح التي انحناؤها في جهة
 واحدة من كل نقطة عوديا على اتجاه الانحناء الاصغر
 وحيث ان محيط القطع الناقص منتظم بالنسبة لمحوريه فان الدوائر المماسية
 التقريبية المارة بالمحيط المذكور بعمود $\overline{ح}$ و $\overline{ح}$ تكون ايضا متماثلة
 بالنسبة لمحوري $\overline{أ ث}$ و $\overline{ب د}$ اعني بالنسبة لاتجاهي كل من الانحناء
 الاكبر والاصغر

فعلى ذلك تكون الانحناءات الغير الاصلية من القطاعات العمودية على السطح
 وهي الانحناءات الالخذة في التناقص المستمر من الانحناء الاصغر الى الانحناء
 الاكبر موضوعة بالتمائل بالنظر لاتجاهي الانحناء الاكبر والاصغر وذلك
 بالاستقال من كل نقطة من نقط السطح المذكور

واما سطوح النوع الثالث فان المستوى الذي يقطعها قطعاً غير متناه بقرب
 المستوى المماس يحدث عنه قطاع في الشكل هو عين القطع الزائد ويحدث
 ايضا عن اتجاه محوري القطع الزائد المذكور اتجاه محوري الانحناء الاكبر
 والاصغر فتكون الانحناءات الغير الاصلية موضوعة بالتمائل بالنسبة لاتجاه
 المحورين المذكورين وشكل ٢١ يدل على القطاعين المصنوعين في ثقب
 البكرة التي انحناؤها متجهان في جهتين مختلفتين بمستويين موضوعين على
 القرب من مستوى $\overline{م ن}$ المماس في نقطة $\overline{ح}$ للثقب المذكور
 ويكون شكل القطاعين المذكورين كشكل قطعين زائدين مبنيين ولا بأس

ان يكون هذا الشكل محذا

ويمكن اعتبار سطوح النوع الثاني كأنها حذ مشتركة بين النوعين الآخرين
وحيثئذ يثبت لها الخواص الموجودة في السطوح الاخر بمعنى ان اتجاهاتها
سواء كانت كثيرة الانحناء او قليلة تكون عمودية على بعضها في جميع الانحناءات
المتوسطة المنتظمة على وجه التماثل بالنسبة للانحناءات الاصلية

وقد اطلقنا قريبا لفظة معينين على الخطوط المنحنية التي من خاصيتها تبين
حقيقة انحناء السطوح وتناسبها وذكرا طرق استعمالها في معرفة الخواص
اللازمة لانحناء السطوح

ولنفرض الآن انه كلما اتقل الانسان من اول نقطة من نقط اي سطح كان تقدم
على حسب اتجاه الانحناء الاكبر وبذلك يرسم خطا فتكون جميع الخطوط
المرسومة بهذا الوجه سائرة للسطح بتمامه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء
الاكبر

ويقال في عكس ذلك انه كلما اتقل من نقطة مفروضة من نقط اي سطح كان
تقدم على حسب اتجاه الانحناء الاصغر وبذلك يرسم خطا نانيا فتكون الخطوط
المرسومة بهذه الكيفية سائرة للسطح بتمامه ويحدث عنها مجموع خطوط الانحناء
الاصغر

فينتج من ذلك ان خطوط الانحناء الاكبر عمودية على خطوط الانحناء
الاصغر

ونخطوط الانحناء خاصية نافعة جدا في الفنون نذكرها لك بدون برهنة فنقول
انه اذا مددنا من كل نقطة من نقط خط الانحناء عمودا على السطح فانه يحدث
عن هذه الاعمدة سطح يكون بالضرورة منتشرا

وفي اسطوانة (شكل ٢٢) تكون الخطوط الصغيرة الانحناء اضلاعا قائمة
لانحناء لها واما الخطوط الكبيرة الانحناء فهي القطاعات المصنوعة بمستويات
عمودية على المحور وتكون محيطات هذه القطاعات بالضرورة عمودية على ضلع
من اضلاعها فاذن تكون خطوط الانحناء الاكبر والاصغر في الاسطوانة على

شكل زاوية قائمة

وفي المخروط (شكل ٢٣) الذي اضلاعه معين خطوط الانحناء الاصغر
تتحصل خطوط انحنائه الاكبر بهذه الكيفية وهي ان تضع طرف البيكار على
رأس المخروط ثم ترسم في الطرف الاخر منه منحنيات متنوعة بقدر انقراجات
البيكار المختلفة بشرط أن تكون عمودية على الاضلاع لانه عند انتشار المخروط
تصير هذه المنحنيات دوائر تكون اضلاعها انصاف اقطار

وفي سطوح الدوران تكون دوائر انصاف النهار خطوط احد الانحناءتين
وتكون المتوازيات خطوط الانحناء الاخر ومن انقتران دوائر انصاف النهار
في جميع اتجاهها عمودية على المتوازيات السابقة

وقد اجاد المعلم منج الشهير في تطبيق الخواص التي سبق سردها على عملية
قطع الانحمار حيث قال اذا اريدت قوت منحنية الشكل فان تلك
القنوات تقسم بالتناسب الى منازل صغيرة جدا بحيث يمكن اخراج كل منزل
منها من حجر واحد

وبعد عمل جزء الحجر الدال على المنزل الاول وتنشله بالشكل الذي يناسب سطح
القبة لتعمل الواجهة المسماة بالاتصامات التي على حدها تلتصق انحمار العقد
بعضها ويجب لاجل استيفاء الشروط اللازمة لذلك امر ان احدهما أن يكون
شكل اوجه الالتحام بسيطاً يحكم الصناعة والثاني أن يكون مجموعها في غاية
من الصلابة الا ان هذا الامر الثاني يقتضي ان اوجه الالتحام تكون عمودية على
منحني القبة وكيفية ذلك سهلة وهي انه اذا حدثت زاوية منفرجة عن وجه
النعام حجر العقد مع القبة المذكورة فان حجر العقد المجاور لهذا الحجر يحدث عنه
مع القبة المذكورة زاوية حادة وبسبب الضغط يهدم حجر العقد المنتهي بصلع
منفرج حجر العقد المنتهي بصلع حاد ويفتته اذا \ll ان الضغط قويا او يفاقمه
ويكسر اذا كان الضغط خفيفا ولاجل السهولة والاختصار في ذلك ينبغي على
الاتصامات مستوية او منتشرة فاذا اختير هذا الشكل امكن أن نصنع من
الورق او اللقوى او نحو ذلك من الاجسام القابلة للثني والانعطاف فرحمة نوبا

له محيط مضبوط يلائم وجه الالتصام ويكفي فيه على وجه لائق لينظر هل ينطبق في سائر اجزائه على وجه الالتصام الذي يكون عموديا على القبوة بواسطة المسطرة المثبتة ام لا

وحيث ان الامر من السابقين يستلزمان ايجاد سطوح منتشرة عمودية على القبوة وعلى بعضها ايضا يستلزمان كذلك أن تجعل خطوط الانحناء سطح القبوة هي خطوط التماس

ففي ذلك اذا رسمنا سطوحا اسطوانية (شكل ٢٤) فالتاقتب التماماتها فتتقب في الاتجاه الاول الاضلاع للتوازية التي على بعد واحد من بعضها وهي خطوط الانحناء الاصغر وتتقب في الاتجاه الثاني للخطوط المتعنية العمودية على هذه الاضلاع وهي خطوط الانحناء الاكبر ثم ان سطوح الالتصام الماددة عن الخطوط العمودية من السطح بموجب الاضلاع او التضيقات المذكورة هي سطوح مستوية تقاطع في زاوية قائمة وبذلك يكون شغل قطاع الاجار سهلا بقدر الاسكان

واذا صنعنا سطوحا مخروطية (شكل ٢٥) كالابواب والشبايك الواسعة وطافات المدفع المقيببة مثل طافات الحفر الارضية وغير ذلك فالتاقتب خطوط التماسها اضلاع المخروط والمتعنيات العمودية على هذه الاضلاع

واذا اريد من ناعة قبوة على شكل سطح دوران (شكل ٢٦) كقبة مثلا فالتا رسم على القبوة المذكورة طبقات منتظمة مركبة من دوائر عمودية ومن متوازيات فيحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه دائرة عمودية مستويات وهذه المستويات هي خطوط الالتصامات المنتصبة لاجار العقد ويحدث عن الخطوط العمودية على القبوة بموجب اتجاه الخطوط المتوازية اشكال مخروطية وهي التمامات الجهة الاقبية وتكون تلك الالتصامات منتشرة لانها مقابلة لخطوط الانحناء وبالجملة فالالتصامات المخروطية تكون مقطوعة في زاوية قائمة بالالتصامات المستوية التي هي مستويات دوائر عمودية بالنظر للمخاريط

وللإتيانها ما أوردته للمؤلف منج من التطبيق السهل المقيد أصلاً وفراً
فلا شك أنه جدير بأن يستفاد منه أهمية مجت افتناء السطوح وخواصها
الأصلية في الفنون والصنائع ومدخلية فيها وكذلك الفنون المستخرجة فله
فيها مدخلية عظيمة تعود عليها بالنفع

وذلك أنه يتنوع الضوم والتسلال نعرف بمجرد النظر النقط البارزة أو المضيئة
وكذلك الأضلاع الميئة والمحيطات الظاهرية التي تخص صور الأجسام
بخواصها وتستعين في الأجزاء التي ليس فيها نقطة تماز ولا خط كذلك بأشكال
الظل والضوء بيئة كانت أو غير بيئة على تمييز صور الأجسام وخصها بدرجة
المختلفة في كل جزء من أجزاء سطحها

ولست منفعة هذا المبحث مقصورة على أرباب الحرف بل تم أيضاً أهل الصنائع
على اختلافها حيث يكسبون عنه معارف سهلة مضبوطة كاملة في شأن
حقيقة شكل الأجسام التي يعنون بها لحاجتهم أو ليجرد التزاهة

ولبيان كيفية الوقوف على افتناء السطوح بالمشاهدة فنقول

لنفرض أن كرة $\overline{A B \Gamma}$ مضيئة بأشعة شمسية على أي اتجاه كان ولنبدأ
برسم خط اتصال الظل من الضوء وهو $\overline{L L'}$ بمقتضى القواعد
المذكورة في درس (١٤) ونبين الجزء الذي في الظل بخطوط سود فيكون
الجزء المضيئ هو $\overline{L L' B \Gamma}$ لا غير (شكل ٢٧) فعلى ذلك
يظهر لنا القمر في تشكيلاته المختلفة من أول استهلاله كما في (شكل ٢٩)
إلى التربع الأول كما في (شكل ٢٨) الذي يظهر فيه نصفه منيراً والنصف الآخر
مظلاً ثم يصير على الهيئة التي في (شكل ٢٧) قبل أن يتكامل نوره ويصير
قراً كاملاً وفي ذهابه يكون مكسوفاً بحيث لا يرى الراصد له نوراً فإذا لم نعتبر
الجزء المنير وهو $\overline{L L' B \Gamma}$ فلا مرجح لنسبته للكرة دون السطح
الممتد أو المفرطح في جهة الشعاع النظري وهالك الكيفية التي يعرف بمقدار
هذا التفاضل

وحاصلها أن السطح المنعبر كأنه مرآة منيرة يوجد فيه نقطة وهي نقطة

كافي (شكل ٢٧) يرى الراصد منها صورة الشمس او الجسم المضي وهذه النقطة هي التي تنعكس فيها الضوء العظيم بالسطح ولذا سميت بالنقطة المنيرة فيلزم اذن تحديد وضعها ويسهل ذلك ان امكن مد خط عمودي في نقطة و على سطح الجسم فينتد يكون اولاً كل من الشعاعين العارض والمنعكس في مستوا واحد كالعمود المذكور وثانياً يحدث عن تلاقيهما مع هذا العمود زاوية واحدة وبموجب هذين الامرين تفيدنا الهندسة الوصفية طريقة ايجاد النقطة المنيرة من سائر السطوح المتنوعة بالنسبة لموضع معلوم للنظر واتجاه مصدر الاشعة فكما اتصلت هذه الاشعة بالسطح وكان اتصالها به على شكل زاوية كثيرة الانحراف وكانت في انعكاسها كذلك كمرشيت للتوريث واخذ في التناقص على السطح قليل النور

ومن المعلوم انه يمكن أن نرسم حول نقطة و - بجملة خطوط يظهر فوق محيطها للراصد ان النور المنتشر فوق الجسم واحد وهذه الخطوط تنحني بالخطوط المتساوية للون فاذا رجعت يكفي ان نلقوهم ابعداً والوان قوية او ضعيفة على حسب درجة الضوء المقابل لكل خط فينتد يلونهم الضبط الشام النور المتناقص بالتدرج فوق جزء السطح المنير

ويعرف بشكل هذه الخطوط ووضعها حقيقة الخفاء سطوعها ونوعه ولها علامة سهلة يعرف بها الاسطوانات والمخاريط وجميع السطوح المنتشرة وعلامة اخرى يعرف بها الكرة وسطوح الدوران والسطوح الحلقية وعلامة ثالثة يعرف بها السطوح الملتوية والسطوح المعوجة وما اشبه ذلك

ثم ان تلك الخطوط التي ذكرناها وان كانت غير مشاهدة في الاجسام لاسيما والوانها التي خصصتها لها القدرة الالهية تتناقص تماقصاً متواليات على وجه غير محسوس ولا مناساً الا ان النظر قد تعود على تمييز هذه الاشكال التي اختلاف تشكلاها في الظل والضوء انما هو من اختلاف انواع السطوح

ومع ذلك فيشاهد في هذا المعنى تفاوت عظيم في المهارة التي اكتسبها الناس على اختلاف درجاتهم بحسب ما عودتهم عليه صنائعهم من اعتبار بعض سطوح

مستوحاة الا ترى النحاس والسكرى وصانع المكاييل فانهم يعرفون مع غاية
السهولة هل سطوحهم اوجز آؤها اسطوانية او مخروطية او منتشرة او تقعر
ذلك اولا بخلاف غيرها فها هم فيه دون ذلك

وكذلك خزافوا الاخشاب والمعادن وصانعوا الفخار والقرقورى وغيرهم
عز يصنع دأما سطوح الدوران فانهم يعرفون من اول وهله بدون من هل
سطوحهم اوجز منها من سطح الدوران اولا وهل بعض اجزاها ممتدا ومفرطح
بخلاف غيرها من الاشكال فهم فيه اقل مهارة

وكذلك المعمار جبة فانهم يعرفون على ما ينبغي اشكال الاسطوانات والمخاريط
المماثلة لاسطوانات قبوات العمارات ومخاريطها ويعرفون ايضا سطوح
الدوران المشابهة لسطوح القبوات والاعمدة بخلاف غيرها من السطوح
الاجنبية عن اشغالهم فليس لهم بها معرفة على ما ينبغي

فن المهم ان تعود الامة بتمامها على ان تعرف بمجرد النظر حقيقة نوع السطوح
وكيفية صناعتها مطلقا سواء بلغت درجة الكمال ام لا لما ان ذلك وسيلة سريعة
في تقدم الصناعة والفنون المستطرفة وينبسط الكلام على ذلك بملاحظات
ومباحث وسنشرح ذلك تفصيلا عند الكلام على المخطوطات والمباحث التي
بها اتسع دأرق الادراك وتعيننا على ادارة اشغالنا (راجع الجلد الثالث في الكلام
على القوى المتحركة)

وينبغي للنقاشين ان يتعودوا على أن يميزوا بمجرد النظر في كل جزء من السطح الذي
يريدون نقشه هل المنحاة على اتجاه واحد او مختلفان وأن يميزوا ايضا اتجاه
الانحناء الاكبر من اتجاه الانحناء الاصغر وأن يبينوا على السطوح استقامات
الانحناء الاكبر والانحناء الاصغر لتيسر لهم العلامة العامة الدالة على
السطوح التي يفرضونها او يتقنون صورتها فبذلك تكون اشغالهم صحيحة
مضبوطة

وينبغي كذلك للمصور الذي يرسم بواسطة الالوان مجسمات ذات ثلاثة ابعاد على
سطوح ليس لها الابعاد ان يقف على حقيقة وضع القدار اللازم من الالوان

لكل سطح كي ييسره أن يرسم مثل تلك الصورة بواسطة قلم البورية
وبالجمله فينبغي لكل من الحسكالكه والرسام أن يبذل جهده في مطالعة هذه
المباحث لتكون صناعته على اتم الوجوه واكمل الاحوال

تم تعريب الجزء الاول من كتاب كشف رموز السر المصون * في تطبيق الهندسة
على الفنون * على يد معتر به التقي الى الله تعالى المنان * عيسوى اقتدى زهران *
وكانت مقابلته على اصله * وتجميع صعبه وسهله * وافرغ عباراته في هذا القالب *
سهل المأخذ الطالب * بمعرفة الفقير الى مولاه القوي * محمد قطة العدوى *
بعد اطلاع صاحب العلوم الرياضية * المتبحر في الفنون الهندسية * حضرة
بيوى اقتدى * رئيس غير هندسة فهو المعارف باصطلاحاته * الخبير برموزه
واشاراته * وبتفاسيلى الفهم الثاقب * والرأى الصائب * حضرة رفاعة
اقتدى * حفظه المعيد المبدى * اذ كان المرجع اليه في حل مشكلاته *
والمعول عليه في فك معضلاته * جعله الله خاله الوجهه الكريم * وتوقع به النفع
العظيم * ويسر على احسن الاحوال تمامه * وكما احسن * به يحسن ختامه *
وكان تمام طبعه * وبدقة ثمره * بنوعه * بدار الطباعة العامرة * الكائن في بولاق
مصر القاهرة * لازالت هي والمدارس المصرية * والاشغال الهندسية *
راقية مراعى الفلاح * صاعده الى اوج النفع والنجاح * بهمة رب المعارف
الفائقة في جميع العلوم * والافهام اللاحقة في المنطوق والمفهوم * حضرة
ميرالو آدهم بيك مدير ديوان المدارس * لا برحت بانقاسه مطالعته شمول
التفائس * ووافق ذلك الخامس والعشرين من شهر جادى الاولى (سنة ١٢٦٦هـ)

ستين ومائتين بعد الالف * من هجر من خلقه الله على اكل

وصف * صلى الله عليه وسلم * وشرف

وكرم وعظيم

تم

4910
218

